Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Bezpečnostní funkce u regulovaných pohonů

Safety Function of Electrical Drives

2015 **Tomáš Mikuška**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Mikuška**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy

Téma: Bezpečnostní funkce u regulovaných pohonů
Safety Functions of Electrical Drives

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor norem zabývajících se funkční bezpečností strojních zařízení.
2. Rozbor možností použití elektrických pohonů v systémech pro zajištění funkční bezpečnosti strojních zařízení.
3. Návrh struktury systému pro zajištění funkční bezpečnosti pro testování možností použití elektrických pohonů.
4. Návrh způsobů testování elektrických pohonů v systémech pro zajištění funkční bezpečnosti.
5. Realizace navržených testů.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

[1] BERGER, Hans. *Automating with STEP 7 in STL and SCL.* 5th revised and enlarged edition. Erlangen, Germany:Publicis Publishing, 2009. ISBN 978-3-89578-341-8.
[2] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC.* 4th edition. Erlangen, Germany: Publicis Publishing, 2009. ISBN 978-3-89578-333-3.
[3] GROß, Hans, Jens HAMANN and Georg WIEGÄRTNER. *Electrical Feed Drives in Automation.* Erlangen: Publicis MCD Corporate Pub., c2001, 336 p. ISBN 3-89578-148-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013
Datum odevzdání: 07.05.2015

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA Fakulta elektrotechniky a informatiky OSTRAVA

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu p. doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D za vstřícnost při problémech se zpracováním, svojí rodině, která při mně stála během mého studia.

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 31. *července 2015*

podpis studenta

Abstrakt

V práci se budeme věnovat seznámení s pojmem bezpečnostní funkce strojů, normám historii a možnostem splnění bezpečnostních norem v případě průmyslových strojů. Jako cíl práce je seznámení s různými možnostmi provedení bezpečnostních obvodů porovnání jejich výhod a nevýhod při instalaci, provozu a údržbě. V teoretické části popisuji požadavky normy pro bezpečnostní systémy a jejich parametry, které prakticky ověřuji v nástroji Siemens Safety Evaluation TOOL, používám komponenty firmy siemens a firmy PILZ. V praktické části tedy přidávám do programu i obvody jiného výrobce. Vybral jsem běžně používané bezpečnostní relé, které se v praxi používá v mnoha aplikacích.

Všechny komponenty podrobně popisuji v praktické části. Včetně názorného zobrazení.

Cílem práce je porovnat jednotlivá řešení a navrhnout systém pro testování bezpečného vypnutí zvoleného obvodu.

Klíčová slova

Bezpečnostní obvod, frekvenční měnič, synchronní motor, bezpečnostní relé, návrh bezpečnostního obvodu, testování, Arduino, C#

Abstract

The work will focus on familiarization with the concept of machine safety functions, norms and history capabilities meet safety standards for industrial machinery. As an objective of the work is introduction with various options to implement security circuits compare their advantages and disadvantages for the installation, operation and maintenance. The theoretical part describes the standard requirements for safety systems and their parameters practically test the tools Siemens Safety Evaluation Tool, using components from Siemens and firms PILZ. In the practical part, thus adding to the program as well as third-party circuits. I chose the commonly used safety relays, which are used in practice in many applications.

All components describe in detail the practical part. Including an illustrative view.

The aim is to compare different solutions and to design a system for testing the safe shutdown of the selected circuit.

Key words

Safety circuit, frequency converter, synchronous motor, safety relay, design a safety circuit, testing, Arduino, C#

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
a. b, c, d, e	Označení úrovní vlastností
AOPD	Aktivní optoelektronické ochranné zařízení (např.: světelná závora)
B, 1, 2, 3, 4	Označení kategorií
B10d	Počet cyklů do 10% nebezpečných selhání součásti
Cat.	Kategorie
CC	Usměrňovač
CCF	Porucha se společnou příčinou
DC	Diagnostické pokrytí
DCavg	Průměrné diagnostické pokrytí
F, F1, F2	Četnost nebo doba vystavení nebezpečí
FB	Funkční blok
FVL	Jazyk s plnou variabilitou
FMEA	Režimy poruchy a analýza účinků
I, I1, I2	Vstupní zařízení (např. senzory)
I/O	Vstupy a výstupy
K1A, K1B	Stykače
L, L1, L2	Logika
LVL	Jazyk s omezenou variabilitou
M	Motor
MTTF	Střední doba poruchy
MTTFd	Střední doba do nebezpečné poruchy
n, N	Počet objektů
O, O1, O2	Výstupní zařízení např. pohon
P, P1, P2	Možnost vyloučení nebezpečí
PES	Programovatelný elektronický systém
PL	Úroveň vlastností
PLC	Programovatelný logický řadič

PLlow	Nejnižší úroveň vlastností SRP/CS v kombinaci SRP/CS
PLr	Požadovaná úroveň vlastností
Rd	Rozsah požadavku
RS	Senzor otáčení
S, S1, S2	Závažnost zranění
SW1A, SW1B, SW2	Spínače polohy
SIL	Úroveň integrity bezpečnosti
SRASW	Bezpečnostní aplikační SW
SRESW	Bezpečnostní vestavěný software
SRP	Bezpečnostní část
SRP/CS	Bezpečnostní část ovládacího systému
TE	Zkušební zařízení
TM	Doba používání [1]

Seznam použitých termínů

Termín	Význam termínu
Bezpečnostní část ovládacího systému	.Část ovládacího systému, která reaguje na bezpečnostní vstupy a vytváří bezpečnostní výstupy
Kategorie	klasifikace bezpečnostních částí vzhledem k odolnosti k závadám
Závada	Stav objektu charakterizovaný neschopností vykonávat požadovanou funkci, kromě neschopnosti při preventivní údržbě nebo jiných plánovaných činostech, nebo způsobený nedostatkem vnějších zdrojů
Porucha	Ukončení schopnosti plnit požadovanou funkci - porucha je jev, při kterém vzniká závada
Nebezpečná porucha	Porucha, která má potenciál uvést bezpečnostní části ovládacího systému do stavu selhání funkce
Vyřazení	Přechodné automatické přerušení bezpečnostní funkce bezpečnostními částmi ovládacího systému
Škoda	Fyzické poranění, nebo poškození zdraví pracovníka
Nebezpečí	Potencionální zdroj škody
Nebezpečná situace	Okolnosti, při kterých je osoba vystavena alespoň jednomu nebezpečí, buď dlouhodobě, nebo okamžitě
Riziko	Kombinace pravděpodobnosti výskytu škody a závažnosti této škody
Zbytkové riziko	Riziko i po použití ochranných opatření
Předpokládané používání stroje	Obsluha stroje podle návodu k obsluze
Předvídatelné nesprávné použití	Používání stroje, pro které stroj není konstruován,ale lze odhadnout Chování obsluhy, která může porušovat nařízení z návodu k obsluze
Monitorování	Bezpečnostní funkce, která zajišťuje ochranu stroje

Úroveň vlastností PL	Diskrétní úroveň používaná k určení bezpečnostních částí ovládacích systémů
Požadovaná úroveň vlastností PL	Úroveň vlastností používaná k tomu, aby bylo dosaženo pro každou bezpečnostní funkci požadované snížení rizika
Střední doba do nebezpečné poruchy MTTFd	Očekávaná střední doba do nebezpečné poruchy - jedná se o jeden nejdůležitějších ukazatelů při návrhu bezpečnostního obvodu z, každý použitý kus musí mít tento údaj
Doba používání TM	doba předpokládaného používání bezpečnostních částí bezpečnostního systému
Úroveň integrity bezpečnosti SIL	Diskrétní úroveň pro stanovení požadavků integrity bezpečnosti, Bezpečnostních funkcí přiřazených k E/E/PE bezpečnostním Systémům, kde úroveň integrity bezpečnosti a úroveň 1 má nejnižší úroveň integrity bezpečnosti
jazyk s omezenou variabilitou LVL	Typ jazyka, který poskytuje schopnost kombinovat předem definované aplikačně specifické knihovní funkce pro realizaci bezpečnostních požadavků
Jazyk s plnou variabilitou FLV	Typ jazyka, který má schopnost poskytnou množství funkcí, například assembler, ANSI C
Aplikační software	software určený k používání, realizovaný výrobcem stroje obsahující logické posloupnosti
Vestavěný software	Software, který je součástí systému dodaného výrobcem ovládacího systému a který není přístupný uživateli strojního zařízení [1]

Obsah

1 Úvod

1.1 Historie bezpečnostního managementu v ČR

1.1.1 Strategie

Management rizika je komplexní systém hodnotící nejrůznější procesy buď ve výrobě, nebo procesy sociální. Smyslem je vyhledávání rizik v procesech, jejich analýza, a poté jejich odstranění, či snížení na únosnou mez vhodnými bezpečnostními nebo ochrannými opatřeními.

Hlavní myšlenkou managementu rizika je názor, že u žádného procesu nelze dosáhnout úplné bezpečnosti. Pokud jsou u procesu vyšší rizika, než je mezní riziko, je předpoklad, že bez opatření vedoucích k jejich omezení dojde k nebezpečné události. Tento proces nesmí být zahájen. V případě, že proces už funguje, je nutné ho zastavit do snížení, nebo odstranění rizika.

Management rizika upřednostňuje technická řešení pro odstranění rizika před organizačními opatřeními.

1.1.2 Management rizika jako proces

Úkolem managementu rizik je pomocí identifikace, analýzy rizika, odhadnout riziko v procesu a následně ho eliminovat pomocí organizačních a technických opatření, které se následně ročně kontroluje a vyhodnocuje znovu.

1.1.3 Identifikace rizika

Riziko se identifikuje na základě možných škod, které se mohou stát v procesu, jedná se o škody majetkového rázu a škody s vlivem poškození zdraví pracovníků. Vyhodnocuje se četnost nebezpečných situací a jejich možné následky. Určuje se míra mezního rizika, které je možné v přijatelné míře tolerovat v závislosti na okolnostech v uvažovaného problému.

1.1.4 Analýza rizik

Na základě identifikace rizika následuje proces analýzy rizika, metody analýzy rizika jsou statistické, metody, které je velmi složité použít kvůli častému nedostatku dat, nebo jednodušší metody založené na odbornosti pracovníků, kteří analýzu vykonávají. Často se riziko odhaduje, či se používá matice rizik, která vymezuje jednoduše pravděpodobnost vzniku škod. Následky se rozdělují na bezvýznamné, např.: říznutí a drobné úrazy, škodlivé – např.: zlomenina otřes mozku, poškození sluchu. Následky závažné jsou.: smrt, ztráta končetiny a podobně.

1.1.5 Hodnocení rizika

Na základě analýzy se riziko zhodnotí a posoudí se do některé z pěti kategorií. Na základě zhodnocení se dostáváme k opatření, vlastnímu problému, který řeším v této bakalářské práci.

1.1.6 Ošetření rizika

Ošetření rizika je proces, který je velmi důležitý a jedná se o organizační opatření a opatření technická, která řeším v bakalářské práci.

Pro bezpečnostní systémy je nutné řídit se normami, které jsou v této oblasti závazné, nikoli doporučené a dodržet stupeň bezpečnosti, který je vyžadován na základě kompletní analýzy problému.

Jako požadovanou hodnotu zabezpečení jsem zvolil úroveň vlastností PL d, z normy ČSN en 13849-1– která odpovídá SIL3 kategorii z normy IEC 62061.

Úroveň PLd je nejvyšší možná dosažitelná prostřednictvím programovatelných bezpečnostních systémů – v mém případě kontrolní jednotka frekvenčního měniče.[14]

2 Teoretický rozbor

2.1 Hlavní struktura bezpečnostních norem:

Normy typu A - jedná se o normy uvádějící základní pojmy, zásady pro konstrukci, a hlediska aplikovatelná na všechna strojní zařízení

Normy typu B se rozdělují na podskupiny **B1 a B2**

Podskupina typu B 1 se zabývá jednotlivými bezpečnostními hledisky - jedná se o bezpečné vzdálenosti, hluk, či teplotu, dále můžeme do této skupiny zařadit vysokofrekvenční svařovací zdroje ovlivňující osobys kardiostimulátorem.

Podskupina typu B2 se týká jednotlivých příslušných bezpečnostních zařízení použitých na stroji. Jmenovitě např.: Obouruční ovládání, elektrická ochranná vrata, blokovacích zařízení tenzometrických zařízení citlivých na tlak, ochranných krytů, popř.: dveřních zámků.

Normy typu C - bezpečnostní normy pro stroje - tyto normy nám specifikují požadavky na bezpečnost přímo pro jednotlivý stroj, nebo druh strojů. [1]

Vysvětlení použití normy ČSN EN ISO 13849-1 při návrhu a konstrukci:

V případě, že jde o specifický stroj, který je navrhován a vyráběn dle normy typu C, které odpovídá, musíme se řídit normou třídy C, která má v rozporujících ustanoveních přednost před normami typu B a A.

Pro konstrukci snižující rizika je nutné zvolit aplikaci ochranných zařízení, s jednou, či více funkcemi. [1]

Části Ovládacích systémů

Ty části, které jsou určeny pro provádění bezpečnostní funkce stroje, či zařízení se v terminologii nazývají bezpečnostní části ovládacích systémů (**SRP/CS**) - tyto součásti mohou být hardwarové, softwarové či jejich kombinace a jsou buď plně integrovány do ovládání stroje (řízení), či být součástí tohoto ovládání, pokud splňuje požadavky pro bezpečnostní normu. [1]

Úroveň bezpečnosti

Tyto ovládací funkce jsou rozděleny do pěti úrovní úrovně vlastností PL které se vyhodnocují při předvídatelných podmínkách. Rozdělení je podle pravděpodobnosti nebezpečné poruchy za hodinu dle tab. 1.1 v tabulce je porovnání mezinárodní normy IEC 62061 a normy ISO 13849-1 Pro posouzení zvolení urovně vlastností, je zavedena ketegorizace úrovní bezpečnosti jako kategorie B, 1,2,3 a 4.

Tato úroveň bezpečnosti je závislá na faktorech struktury, mechanizmech detekce závady - diagnostického pokrytí DC, spolehlivosti součástí - konkrétně na parametru - střední doba do nebezpečné poruchy MTTFd, procesu konstrukce, podmínkách při provozu - provozním zatížení,

poruše se stejnou příčinou CCF, a dále na pracovních postupech na navrhovaném zařízení, či stroji.

Rozdělení vlastností a kategorií je označeno u každé součásti pro bezpečnostní obvody, pro jednotlivé aplikace se může úroveň vlastností lišit např. při typech zapojení dle typového listu.

To znamená, že jeden totožný výrobek je možné pro různá zapojení provozovat pro různou kategorii bezpečnosti.

Základní rozdělení je:

- Ochranná zařízení: -v této kategorii najdeme - obouruční ovládání, blokovací zařízení, světelné závory, laserové bezpečnostní scannery, nášlapné rohože, popř. jiné bezpečnostní senzory snímající tlak.
- Ovládací jednotky: např. jednotky pro monitorování, ovládání obecně označovaná jako vyhodnocovací jednotky.
- Prvky silového ovládání: jedná se o stykače, relé, ventily pro různá média (vzduch, plyny, hydraulické systémy) [1]

	Technologie realizující bezpečnostní ovládací funkci	ISO 13849-1	IEC 62061
A	Neelektrická, např hydraulika, pneumatika	x	nezahrnuje
B	Elektromechanická, - např. relé, nebo neúplná elektronika	Omezená do PL = e	Všechny architektury do SIL 3
C	Úplná elektronika - - programovatelná	Omezená do PL = d	Všechny architektury do SIL 3
D	Kombinace A a B	Omezená do PL = e	Omezeno pouze pro elektrickou část dle B
E	Kombinace C a B	Omezená až do PL d	Všechny architektury do SIL 3
F	Kombinace C s A, popř C s A, B	Pro úplnou elektroniku do PL = d	Omezeno pouze pro elektrickou část dle B

Tabulka 1.1: *Porovnání požadovaných vlastností dle ISO 13849-1 a IEC 62061*

PL	MTTFd - průměrná pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu
a	$\leq 10^{-5} < 10^{-4}$
b	$\leq 3 \times 10^{-6} < 10^{-5}$
c	$\leq 10^{-7} < 3 \times 10^{-6}$
d	$\leq 10^{-7} < 10^{-6}$
e	$\leq 10^{-8} < 10^{-7}$

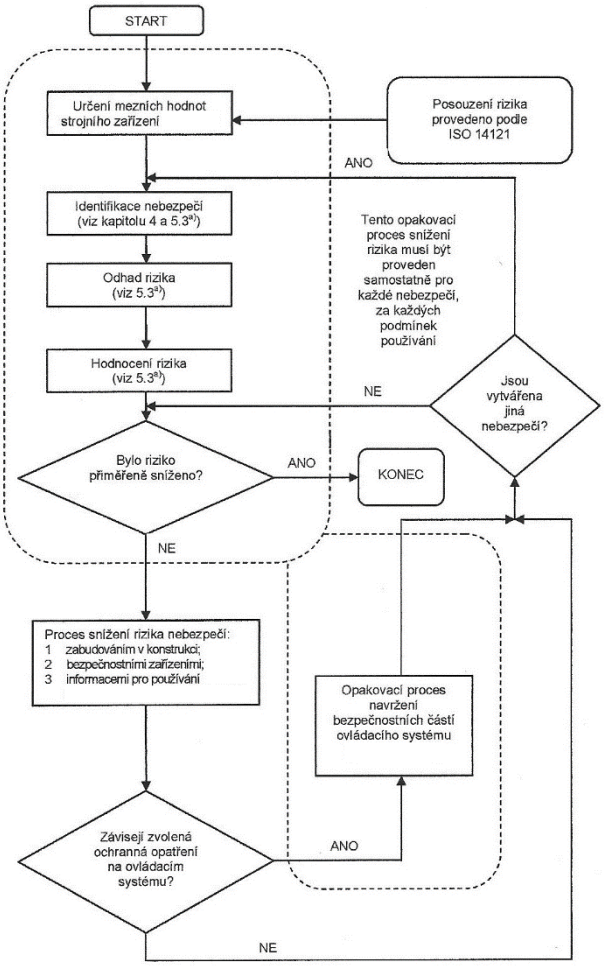
Tabulka 1.2: *Úrovně vlastností PL (performance level)*

2.2 Konstrukční hlediska dle ČSN EN ISO 13849-1

2.2.1 Postup při návrhu

Bezpečnostní části ovládacího systému musí být navrženy podle tohoto schématu, s přihlédnutím k ISO 12100 a ISO 14121 (k těmto hlediskům se musí vyjádřit bezpečnostní technik)

Musíme zvážit všechny možnosti nesprávného použití ovládacích prvků. [1]



Obrázek 1.1: *Bezpečnostní cíle v konstrukci*

2.2.2 Strategie snížení rizika

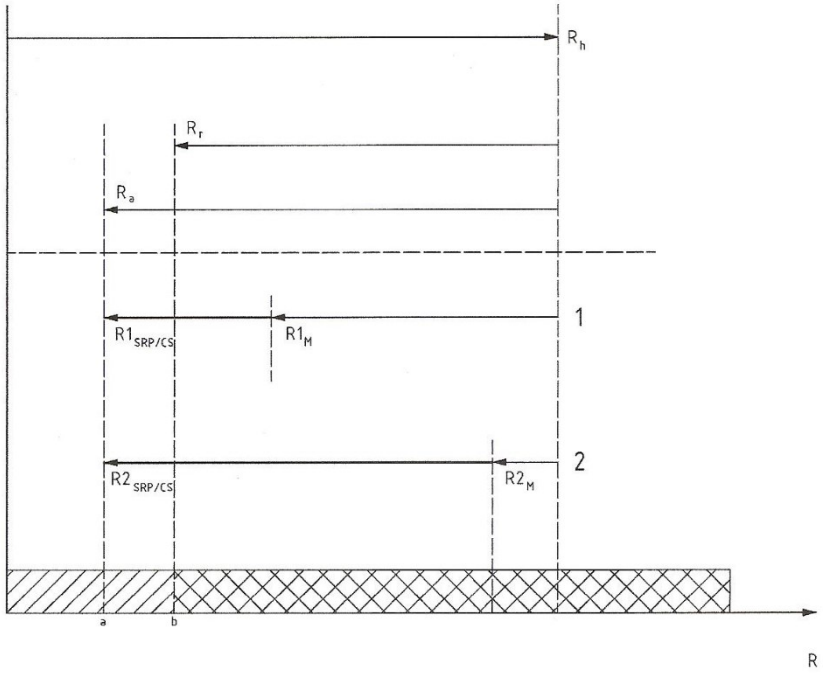
Strategií snížení rizik se rozumí komplexní snížení rizik, jak vhodnou volbou např. oplocení, bezpečnostních vzdáleností, otevírání dveří, délkou bezpečnostních závor, pro co nejnižší ohrožení osoby ovládající stroj, či zařízení. V celkovém posouzení rizika je jednak pro nás důležitá volba dveří jednak servisních, provozních, popřípadě u zařízení volba krytů a jejich zajištění. [1]

2.2.3 Snížení rizika ovládacím systémem

V této části vybíráme jednotlivé komponenty bezpečnostního systému SRP/CP s požadovanou hodnotou úrovně vlastnosti PL dne tab. 1.2 proces výběru a postupu je dán na obr. STRANA 16 čsn. Vlastnosti každé bezpečnostní funkce musí být specifikovány a určeny

výpočtem ověření úrovně vlastností. - Celková úroveň vlastností se může změnit d požadované nevhodným návrhem komponent.

Dále se řídíme posouzením rizika ISO 14121, které máme zpracované od bezpečnostního technika, a rozhodneme o přínosu (zlepšení vlastností) daných obecným posouzením rizika a návrhem např. mechanických zábran. Aplikovaným systémem SRP/CP. Tento příspěvek nepokrývá celé riziko, ale pouze dílčí část rizika, které snižujeme aplikací bezpečnostních funkcí. - V mém praktickém návrhu se bude jednat o funkci zastavení a funkci blokování dveří - servisních i pracovních. Tento příspěvek ve zlepšení vlastností je zpracován v normě ČSN EN ISO 13849 - 1[1]

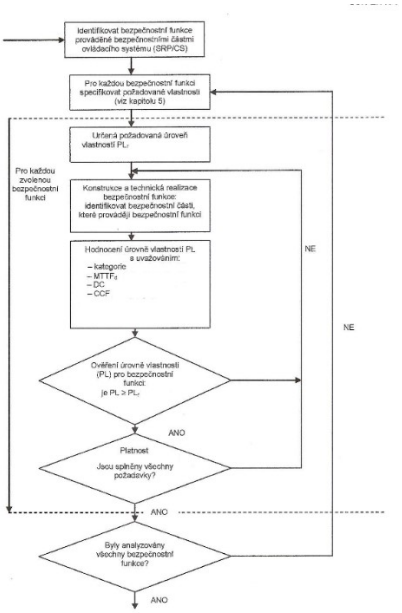


Obrázek 1.2: *Přehled snížení rizika pro nebezpečnou situaci*

Vysvětlivky k obrázku 1.2.

Rh	Riziko před použitím ochranných opatření
Rr	Požadované snížení rizika
Ra	Skutečné snížení rizika
1	Řešení 1 - snížení rizik hlavně mechanickými opatřeními, bezpečnostní ovládání použito v malé míře
2	Řešení 2 - snížení rizik hlavně bezpečnostním ovládáním, ostatní ochranná opatření jsou použita v menší míře
R	Riziko
a	Zbytkové riziko získané řešením 1,2
b	Dostatečně snížené riziko
R1 SRP/CS, R2 SRP/CS	Snížení rizika pomocí bezpečnostního ovládání
R1 M, R2 M	Snížení rizika mechanicky, popřípadě jinými opatřeními
Tabulka 1.3: *Popis obr.1.2 Snížení rizika pro každou nebezpečnou situaci*	

Po určení postupu při návrhu - řešení 1, nebo řešení 2 se dostaneme k návrhu konstrukce PL a k - v této fázi jsme se dostali k PLr- požadované třídě vlastností. Navrhujeme dle vývojového diagramu:



Obrázek 1.3: *Proces návrhu bezpečnostní části ovládacího systému*

2.2.4 Hodnocení dosažené úrovně PL, projektování vzhledem k životnosti zařízení a vztah s úrovní integrity SIL

Dle normy je hodnocena schopnost jednotlivých bezpečnostních částí vykonávat bezpečnostní funkci úrovní vlastností, avšak u mnoha výrobců, není tato hodnota deklarována a výrobci vychází ze světové normy IEC 61508

Proto máme 2 možnosti, navrhnout bezpečnostní okruh podle ČSN en iso 13849 -1 v případě omezení, lehkého zranění podle tabulky porovnávající IEC 61508 a ČSN EN ISO 13849-1, či v případě složitějšího návrhu, který je určen pro možné katastrofické následky použít plně návrh dle IEC 61508.

PL	SIL
a	neodpovídá
b	1
c	1
d	2
e	3

Tabulka 1.4: *Tabulka porovnávající PL a SIL třídy pro použití v návrhu dle ČSN EN ISO 13849-1*

Při návrhu dle ČSN EN ISO 13848-1 používáme pro snížení rizika tyto 2 zásady:

V prvním případě snižujeme riziko použitím ozkoušených a funkčních komponent, v návrhu musíme uvažovat dobu použití zařízení, či stroje., Jelikož komponenty, které vybíráme, jsou hodnoceny dle hlediska střední doby do nebezpečné poruchy každého kanálu ve zkratce MTTFd, musíme tuto dobu porovnat s plánovaným cyklem života stroje, popřípadě do servisního plánu zanést zmínku o nutnosti tyto komponenty po této době preventivně vyměnit. Další možnost ovlivnit bezpečnost přímo v návrhu je taková, že použijeme osvědčené mechanické zábrany, či jiná opatření na mechanickém principu.

V druhém případě, zvolíme pokročilejší funkci bezpečnostního ovládacího systému SRP/CP s cílem vyloučení případného nebezpečného účinku závady. Závady jsou v tomto případě monitorovány a stroj v případě poruchy jednotlivé součásti odstaven. [1]

2.2.5 Význam MTTFd

Tyto opatření mohou být použity samostatně, ale ve většině případů se tato opatření kombinují. Kombinace se provádí z důvodu vyloučení poruchy jednotlivých součástí, z toho důvodu se poruchy monitorují.

V případě, že hodnotu MTTFd určujeme, postupujeme následovně:

a) použiji údaje výrobce

b) výpočtem

c) zvolíme hodnotu 10 let

Výpočet hodnoty MTTFd

Vztahy pro výpočet $MTTF_d$ používají pojmy: n_{op} střední počet činností za rok , h_{op} střední doba provozu v hodinách za den, d_{op}Střední doba provozu ve dnech za rok, t_{cyklu}střední doba mezi začátkem dvou po sobě jdoucích cyklů [s/cykl]

V případě, že výrobce neudává hodnotu $MFFT_d$, většinou udávají hodnotu B_{10d} jedná se o střední počet cyklů do doby, než 10% součástí selže. Popřípadě výrobce udává hodnotu T - doba životnosti.

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 \times n_{op}}$$

Ve výpočtu n_{op} zahrneme plánovaný počet směn za rok, popř. dobu ve kterém stroj, popř. zařízení bude fungovat. Tuto hodnotu dostaneme, či vyžadujeme už při zadání projektu.

$$n_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600}{t_{cyklu}}$$

Doba provozu součásti je dána střední dobou T_{10d} do které 10% součástí nebezpečně selže, ve výpočtu zahrneme n_{op} - počet činností za rok.

Dle ČSN EN ISO 13849-1 je předpoklad, že porucha součástí má exponenciální rozdělení v čase:

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda dt)$$

V případě, že omezíme dobu použití součásti na dobu, než nastane čas střední doby poruchy T_{10d}je možno konstantní dobu poruchy odhadnout dle vzorce:

$$\lambda_d = \frac{0{,}1}{T_{10d}}$$

Vzorec odvodíme ze základního vzorce:

$$F(T_{10d}) = 1 - \exp(-\lambda_d T_{10d}) = 10\%$$

$$\lambda_d = -\frac{\ln(0{,}9)}{T_{10d}} = \frac{0{,}10536}{T_{10d}} \approx \frac{0{,}1}{T_{10d}}$$

Pak pro exponenciální rozdělení platí:

$$MFFT_d = \frac{T_{10d}}{0.1} = \frac{B_{10d}}{0{,}1 \times n_{op}}$$

Pro elektrické součásti jako tranzistory, diody, výkonové polovodiče, integrované obvody, kondenzátory, rezistory, tlumivky a spojovací optočleny najdeme hodnotu $MFFT_d$ v tabulkách C2 až C7 přílohy C v ISO EN 13849-1. Hodnoty jsou platné pro teplotu 40 °C[1]

MTTFd	
Označení doby každého kanálu	Rozsah doby každého kanálu
krátká	$3\ roky\ \leq MTTF_d \leq 10\ rok$ů
Střední	$10\ rok$ů $\leq MTTF_d \leq 30\ rok$ů
Dlouhá	$30\ rok$ů $\leq MTTF_d \leq 100\ rok$ů
Tabulka 1.5: *Střední doba nebezpečné poruchy každého kanálu v rocích*	

2.2.6 Diagnostické pokrytí DC

Diagnostické pokrytí DC má 4 úrovně[1]

Diagnostické pokrytí DC	
Žádné	$\mathrm{DC} < 60\%$
Nízké	$60\% \leq DC \leq 90\%$
Střední	$90\% \leq DC \leq 99\%$
Vysoké	$90\% \leq DC \leq 99\%$
Tabulka 1.6: *Přehled úrovní diagnostického pokrytí*	

2.3 Bezpečnostní funkce

Hlavní hlediska při návrhu a specifikaci bezpečnostních funkcí:

a)posouzení rizika pro každé specifické nebezpečí - tuto část vyžadujeme od bezpečnostního technika, který spolupracuje na konstrukci stroje

b)provozní vlastnosti stroje - jedná se o předpokládané používání stroje, režim provozu, dobu cyklu, dobu reakce

c) činnost v případě nouzového ovládání

d) popis pracovních procesů a ručních funkcí - zde se jedná o opravy, seřizování, čištění, hledání závad.

e) chování stroje v případě, že je předpoklad pro spuštění bezpečnostní funkce, popřípadě, což je v praxi mnohdy důležitější pro výrobu - spuštění stroje po bezpečnostním zastavení

f) provozní režimy stroje - při kterých má být stroj aktivní, nebo bezpečnostně zastaven

g) frekvence ovládání

h) priority funkcí, které nemohou být současně ovládány[1]

2.3.1 Funkce bezpečného zastavení

Funkce bezpečného zastavení - iniciována bezpečnostním prvkem musí, v době nezbytně krátké uvést po povelu stroj do bezpečného stavu.

Pokud stroje spolupracují sekvenčně, musí toto zařízení zastavit, nebo alespoň signalizovat bezpečnostní zastavení našeho uvažovaného stroje.

Funkce bezpečnostního zastavení, musí mít přednost před funkčním zastavením, pokud není toto zastavení v rozporu s cyklem stroje. V tomto případě je nutný příklad: pokud je stroj bezpečně zakrytován, a např. bodově svařuje, je možnost bezpečnostního zastavení přímo nebezpečná - nabitý pulzní zdroj svařování, v tomto případě se provede funkční zastavení a následně bezpečnostní zastavení. Obecně se k tomu přistupuje, v případech, kdy je technologicky bezpečnostní zastavení "nebezpečnější" než funkční zastavení. V těchto případech, je nutné, aby stroj byl bezpečně uzavřen a nebylo možné žádným způsobem se do něj bez nástroje dostat. - pro tyto případy vyžadujeme posudek od bezpečnostního technika a zpracování důkladné analýzy rizik. [1]

2.3.2 Funkce ručního opětovného nastavení

V případě, že je stroj ve stavu bezpečného zastavení, musí být tento stav zachován do potvrzení, že nebezpečný stav pominul.

Opětovné obnovení bezpečnostní funkce slouží k přerušení signálu bezpečného zastavení a k opětovnému spuštění stroje.

Pro funkci ručního opětovného nastavení musíme provést tyto opatření:

- musíme obnovit pomocí samostatně ručně ovládaného zařízení bezpečnostního ovládacího systému
- smí být dosažena pouze tehdy, pokud jsou všechny bezpečnostní funkce zařízení v činnosti
- nesmí sama o sobě iniciovat nebezpečnou situaci, či pohyb
- musí k ní dojít záměrným působením - potvrzením tlačítka, přepnutím ovladače stroje
- musí umožnit, aby ovládací bezpečnostní systém převzal povel ke spuštění

- smí být akceptovatelná pouze rozpojením ovladače ze zapnuté polohy - jedná se o prevenci před trvale spojenými kontakty svařením např. při zkratu.

Ovladač musí být umístěn mimo nebezpečný prostor stroje a musí z něj být výhled, zda ve stroji není žádná osoba, pokud není viditelnost dovnitř stroje, je nutné toto posoudit v analýze rizik a buď postupovat umístěním prvního ovladače uvnitř stroje a druhého ve vnějšku stroje.

Postup zapnutí je takový, že stiskneme 1. tlačítko vevnitř stroje, a v časovém úseku po něm stiskneme tlačítko např, na ovládacím panelu stroje. [1]

2.3.3 Funkce spuštění

Opětovné spuštění je možné pouze tehdy pokud - nemůže dojít k nebezpečné situaci. V tomto případě se obvykle jedná o otevření tkzv. servisních dveří, či krytů na stroji v případě, že pracovník vstupuje, či otevírá oblast, kde se obvykle pohybují součásti, svařuje se, svítí laserový paprsek. V dalším případě může jít o dílčí bezpečnostní funkci jednotlivé součásti - např.: průmyslového robota, či jinou dílčí část stroje. Obvykle se bezpečnostní funkce dílčích částí potvrzuje samostatně.

Další možností je tkzv. autostart se používá nejčastěji u bezpečnostních optických závor, či laserových bezpečnostních scannerů, v případě, že osoba opustí nebezpečnou zónu - např. vkládání dílu do stroje je automaticky nastaven stav opětovné bezpečnostní funkce- tato funkce se obvykle kombinuje s dalšími opatřeními - např.: mechanické dveře zavření stroje. Optické závory v tu chvíli blokují funkci potvrzení zavření dveří pro zamezení úrazu zavírajícími se dveřmi.

Tato funkce nesmí plně spustit stroj bez současného předchozího potvrzení ručního opětovného nastavení. Jedná se pouze o dílčí informaci jedné části (jednoho bezpečnostního relé, či vstupu bezpečnostního PLC), která se vykoná, pouze pokud jsou ostatní bezpečnostní okruhy potvrzené. [1]

2.3.4 Funkce místního ovládání:

V případě, že je stroj ovládán přenosným ovládacím zařízením, musí být splněny tyto požadavky

- ovládací panely musí být vně nebezpečného prostoru

-nebezpečné situace mohou nastat, pouze pokud jsme v prostoru, který je schválený posouzením rizika jako bezpečný.

- v případě, že přepneme mezi místním ovládáním a hlavním ovládáním, nesmí dojít k nebezpečné situaci[1]

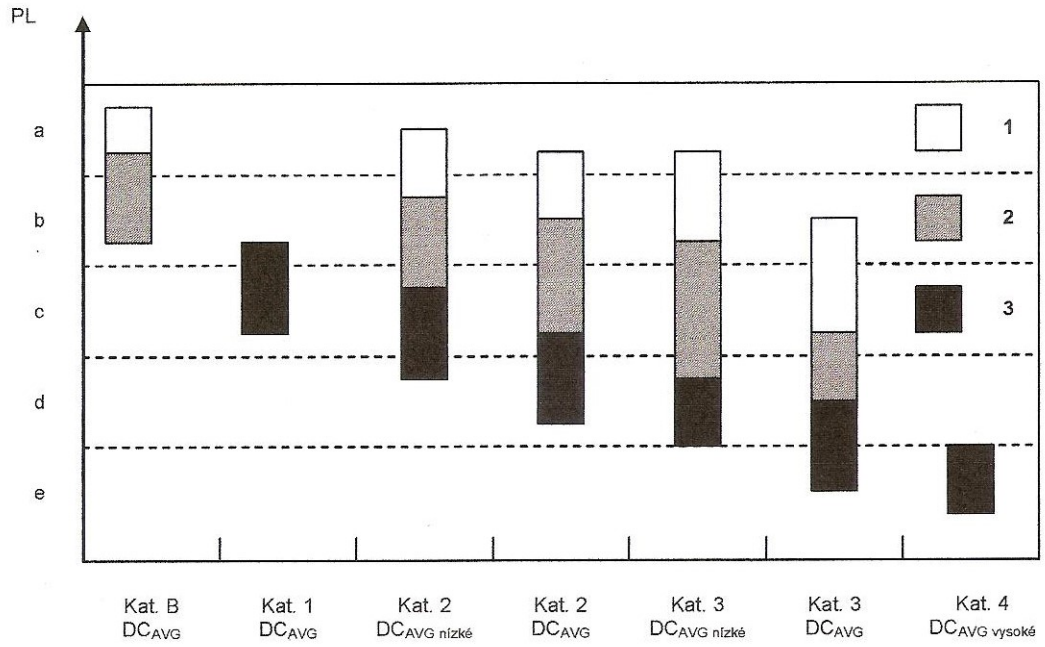
2.3.5 Doba reakce

Doba reakce se určuje, pokud je to nezbytné pro posouzení rizika. Jedná se zde o nutnost např. brzdícího systému, pohonu. Musíme vědět, o jakou vzdálenost se posune pohyblivá část za dobu reakce - v posouzení rizika se určují bezpečné zóny stroje. [1]

2.4 Kategorie a jejich vztah k $MTTF_d, DC_{avg}, CCF$

2.4.1 Přehled architektur

Struktura bezpečnostních částí má velký vliv na úroveň vlastností. Všechny nejrůznější architektury se dají zařadit do některé s kategoriií. Pro každou kategorii jsou provedena bezpečnostní bloková schémata, pouze pro některé stroje, pro které jsou přímo určeny norny kategorie C jsou zařazeny pouze do kategorií bez návaznosti na DCa CCF[1]



Obrázek 1.4: *Vztah mezi kategoriemi, DC_{avg},$MTTF_d$ každého kanálu a PL*

Kategorie	B	1	2	2	3	3	4
DC_{avg}	Žádné	Žádné	Nízké	Střední	Nízké	Střední	Vysoké
$MTTF_d$ každého kanálu							
Krátká	a	nepokryta	a	b	b	c	nepokryta
Střední	b	nepokryta	b	c	c	d	nepokryta
Dlouhá	nepokryta	c	c	d	d	d	e

Tabulka 1.7: *Zjednodušený odhad PL dle kategorií*

2.4.2 Kategorie B

Bezpečnostní části ovládacího systému musí být min navrženy, aby odolávaly

-očekávanému použití a provoznímu namáhání

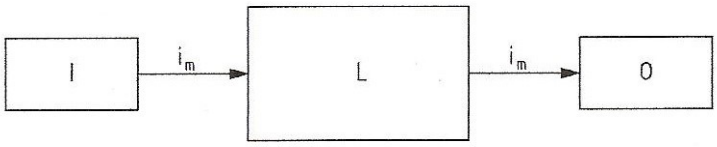
-vlivu materiálů, se kterými stroj pracuje

-vibracím, elektromagnetickému rušení

V systémech kat. B není uvažováno diagnostické pokrytí DC a maximální dosažená úroveň vlastností je PL=b

V této kategorii v případě poruchy může dojít ke ztrátě bezpečnostní funkce.

Zapojení je jednokanálové,



Legenda

i_m prostředky vzájemného propojení

I vstupní zařízení, např. senzor

L logika

O výstupní zařízení, např. hlavní stykač

Obrázek 1.5: *Architektura kategorie B*

2.4.3 Kategorie 1

Kategorie 1 má stejnou specifikaci, jako skupina B, avšak přidávají se další parametry a požadavky.

Každá součást certifikovaná jako kategorie 1 musí být vyrobena jako osvědčená součást pomocí osvědčených bezpečnostních zásad [ČSN EN ISO 13842-2]

Spolehlivost se určuje podle jednoduchých kritérií

a) součástka byla již dříve používána v podobných aplikacích a byla shledána spolehlivou a bezproblémovou

b)při její výrobě byly použity zásady, které zároveň dokazují vhodnost použití jako bezpečnostního prvku

V případě výrobku ve vývoji je možno použít součástku pouze s přihlédnutím na výrobu, jelikož nemůžeme ověřit její použití v minulosti.

Jako osvědčené součásti můžeme použít pouze jednoduché prvky - tzn., že PLC, mikrokontrolér, či I/O obvod bez certifikace, nemůžeme použít, pro kategorii 1.

Další parametry: Střední doba do nebezpečné poruchy musí být dlouhá $MTTF_d$= dlouhá, úroveň vlastností PL je u kategorie 1 maximálně $PL = c$.

Pro systémy kategorie 1 není žádné diagnostické pokrytí DC_{AVG} poruchu se společnou přičinou obvykle neuvažujeme. V případě poruchy některé ze součástí systém ztrácí bezpečnostní funkci, vzhledem k tomu, že je $MTTF_d$ delší než u kategorie B není ale riziko tak veliké jako u kategorie B.

U kategorie 1 si musíme uvědomit, že místo montáže, jeho zakrytování, nastavení a vnější prostředí mají velký vliv na životnost prvku.

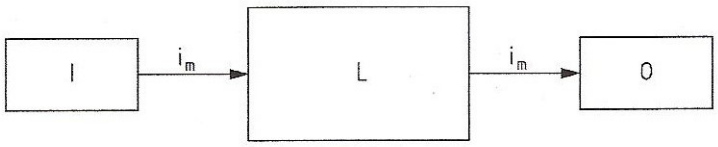
V případě, že uvažujeme koncový spínač, či spínač na vačce, musíme zohlednit tyto parametry:

Pevné upevnění po nastavení spínače a pevnost upevnění vačky podélně a příčně.

V případě možnosti poškození koncového spínače uvažujeme o tlumiči rázů.

Uvažujeme o ochranných krytech koncového spínače, které mohou zamezit mechanickému poškození.

Ve většině případů je topologie třídy 1 jednokanálová, a tak v případě poruchy obvod ztrácí úplně bezpečnostní funkci, z toho důvodu je velmi důležitá pravidelná údržba, a kontroly akčních prvků. [1]



Legenda

i_m prostředky vzájemného propojení

I vstupní zařízení, např. senzor

L logika

O výstupní zařízení, např. hlavní stykač

Obrázek 1.6: *Architektura kategorie 1*

2.4.4 Kategorie 2

Pro tuto kategorii, musí systém splňovat požadavky pro skupiny B a 1.

Další vlastností je průběžná automatická kontrola bezpečnostní funkce, která se kontroluje vždy při těchto situacích:

a)při zapnutí (spuštění) stroje, či zařízení

b) před spuštěním jakékoli potencionálně nebezpečné situace - při spuštění dalšího taktu stroje, či zařízeni, či, což je obvyklejší v časových intervalech během procesu.

Tato kontrola je určena pro vyhodnocení situace, v případě, že je kontrola bez chyby, je spuštěn, či stále prováděn cyklus. V případě, že je kontrola bezpečnostní funkce neúspěšná, je nutné vytvořit výstup o chybě a proces zablokovat.

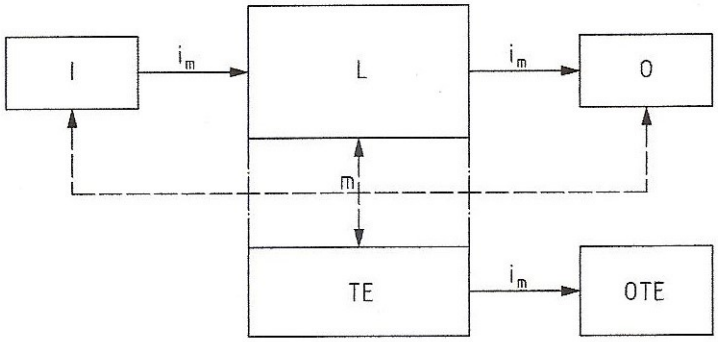
Při zablokování funkce (bezpečném stavu) je proces zablokován do nalezení a odstranění závady. Zde může jít o některou z těchto závad: mechanicky poškozený akční člen (poškozený koncový spínač, chyba bezpečnostní rohože, či nárazové lišty, poškozený kabel pohyblivých součástí), nebo chyba relé či stykače (spečené kontakty, mechanické poškození), dále se může jednat o chybu šroubového spojení na bezpečnostním okruhu, tepelné poškození nebo mechanické poškození.

Architektura kategorie 2 je jednokanálová - funkční kanál složen z (I, L, O), s kontrolním obvodem složeným z (TE, OTE) - viz.: Obrázek 1.7.: Výpočet, nebo určení střední doby do nebezpečné poruchy každého kanálu $MFFT_d$ a průměrné diagnostické pokrytí DC_{avg} určujeme pouze pro funkční kanál.

Průměrné diagnostické pokrytíDC_{avg} musí být pro všechny části systému nízké. Střední doba do nebezpečné poruchy $MTTF_d$ je závislá na zvolené, či požadované úrovni vlastností PL_r. Maximální úroveň požadovaných vlastností je u kategorie 2: $PL = d$.

Jako další opatření musí být použita opatření proti poruše se společnou příčinou CCF. Kontrolní zařízení, pro kontrolu funkce, může být ve dvou verzích - vestavěné, či samostatné.

Při použití kategorie 2 si musíme uvědomit, že při této topologii je možné, aby nastala závada, mezi periodickými kontrolami funkce, v této chvíli je možná nebezpečná situace. [1]



Čárkované čáry znázorňují rozumně možnou detekci závady.

Legenda

i_m	prostředky vzájemného propojení
I	vstupní zařízení, např. senzor
L	logika
m	monitorování
O	výstupní zařízení, např. hlavní stykač
TE	zkušební zařízení
OTE	výstup TE

Obrázek 1.7: *Architektura kategorie 2*

2.4.5 Kategorie 3

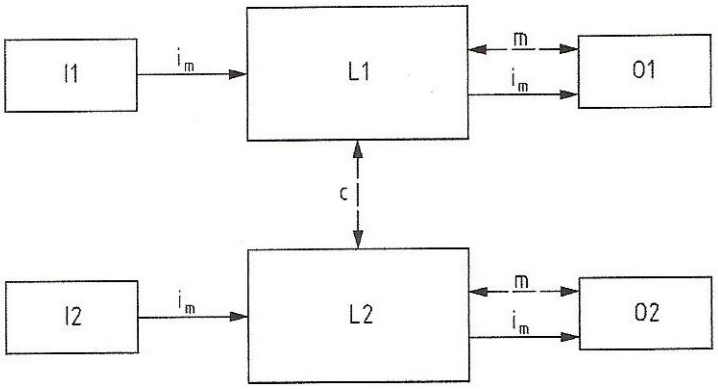
Pro kategorii 3 jsou závazné zásady pro předchozí kategorie B, 1,2. Rozdílem je, že koncepce je upravena tak, aby byla minimalizována rizika ztráty bezpečnostní funkce. Toto se provádí takzvaným monitorováním mezi kanály 1 a 2, Koncepce je dvoukanálová s plnohodnotnými dvěma kanály - to je největší rozdíl od koncepce těchto dvou kategorií.

Velikost průměrného diagnostického pokrytí DC_{avg} musí být pro všechny součásti SRP/CP nevyjímaje části pro detekci závady nízké. Závada by měla být detekována v nejmenší možné době, detekce závady by neměla omezit bezpečnostní funkci

Střední doba do nebezpečné poruchy $MTTF_d$ všech zálohovaných (monitorovaných) kanálů .je dle úrovně vlastností PL_r krátká až dlouhá. Opatření proti poruše se společnou příčinou CCF musí být aplikována.

Je však možnost, že nebudou detekovány všechny závady, v případě několika nedekovaných závad, je možnost, že dojde k neočekávanému výstupu a stroj ztratí bezpečnostní funkci. K zamezení těchto stavů slouží mechanické blokování kontaktů a používání zpětné vazby.

Specifikace dovoluje, aby při nahromadění závad, došlo ke ztrátě bezpečnostní funkce, je to však nežádoucí stav, který se snažíme eliminovat návrhem. [1]



Čárkované čáry znázorňují rozumně možnou detekci závady.

Legenda

i_m	prostředky vzájemného propojení
c	křížové monitorování
I1, I2	vstupní zařízení, např. senzor
L1, L2	logika
m	monitorování
O1, O2	výstupní zařízení, např. hlavní stykač

Obrázek 1.8: *Architektura kategorie 3*

2.4.6 Kategorie 4

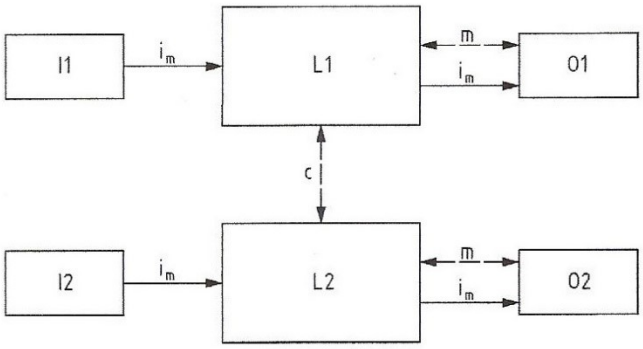
Pro kategorii 4 jsou závazné zásady pro předchozí kategorie B, 1,2 a 3. Rozdílem je, že koncepce je upravena tak, aby jednotlivá závada nevedla ke ztrátě bezpečnostní funkce. Toto se provádí takzvaným monitorováním mezi kanály 1 a 2 architektura se tedy v základu neliší od kategorie 3, pouze, u kategorie 4 je nutné, aby nedošlo ke ztrátě bezpečnostní funkce nikdy.

Velikost průměrného diagnostického pokrytí DC_{avg} musí být pro všechny součásti SRP/CP nevyjímaje části pro detekci závady vysoké. Závada by měla být detekována v nejmenší možné době, detekce závady nesmí omezit bezpečnostní funkci

Střední doba do nebezpečné poruchy DC_{avg} všech zálohovaných (monitorovaných) kanálů je dlouhá. Opatření proti poruše se společnou příčinou CCF musí být aplikována jako v předchozí kategorii.

Na rozdíl ode všech ostatních kategorií se jedná o kategorii nejpřísnější a nesmí dojít k omezení bezpečnostní funkce. Hlavní rozdíly jsou ve vyšším diagnostickém pokrytí DC_{avg} a v požadované střední době do nebezpečné poruchy která musí být pouze dlouhá.

Rozdíl je též v detekci závad, závady musí být detekovány dostatečně brzo, aby nedošlo k ztrátě bezpečnostní funkce norma uvádí dostatečný počet souběžných závad, při kterých nedojde ke ztrátě bezpečnostní funkce na dvě souběžné závady.[1]



Plné čáry pro monitorování znázorňují diagnostické pokrytí, které je vyšší než ve stanovené architektuře pro kategorii 3.

Legenda

i_m	prostředky vzájemného propojení
c	křížové monitorování
I1, I2	vstupní zařízení, např. senzor
L1, L2	logika
m	monitorování
O1, O2	výstupní zařízení, např. hlavní stykač

Obrázek 1.9: *Architektura kategorie 4*

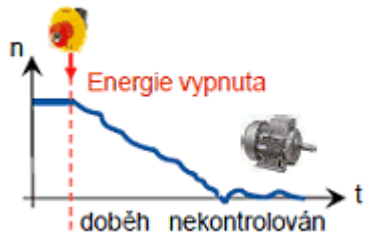
2.5 Druhy bezpečného zastavení

Musíme rozlišit pojmy bezpečné vypnutí a bezpečné zastavení. V případě použití pohonu nebo jiných pohybujících se částí musíme uvažovat dobu bezpečného zastavení.

Bezpečné zastavení se rozděluje na 3 kategorie, které určují chování při zastavení.

2.5.1 Kategorie bezpečného zastavení 0

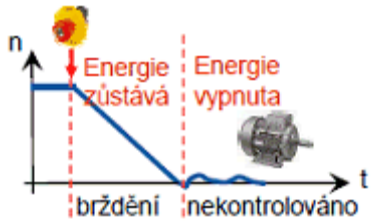
Při použití této kategorie vypneme přívod napětí a motor zbrzdí, pomocí brzdy, nebo volně. Doběh motoru není kontrolován. Napětí na motoru nezůstává. [11]



Obrázek 1.10: *Průběh zastavení stop kategorie 0 [11]*

2.5.2 Kategorie bezpečného zastavení 1

V kategorii 1 je pohon řízeně zastaven a když je jeho rychlost rovna nule odpojí se od napětí. [11]



Průběh zastavení stop kategorie 1[11]

2.5.3 Kategorie bezpečného zastavení 2

V kategorii 2 je motor řízeně zastaven a přívod energie je zachován. Bývá realizován bezpečnostními funkcemi měniče. [11]

Obrázek 1.11: *Průběh zastavení u stop kategorie 2[11]*

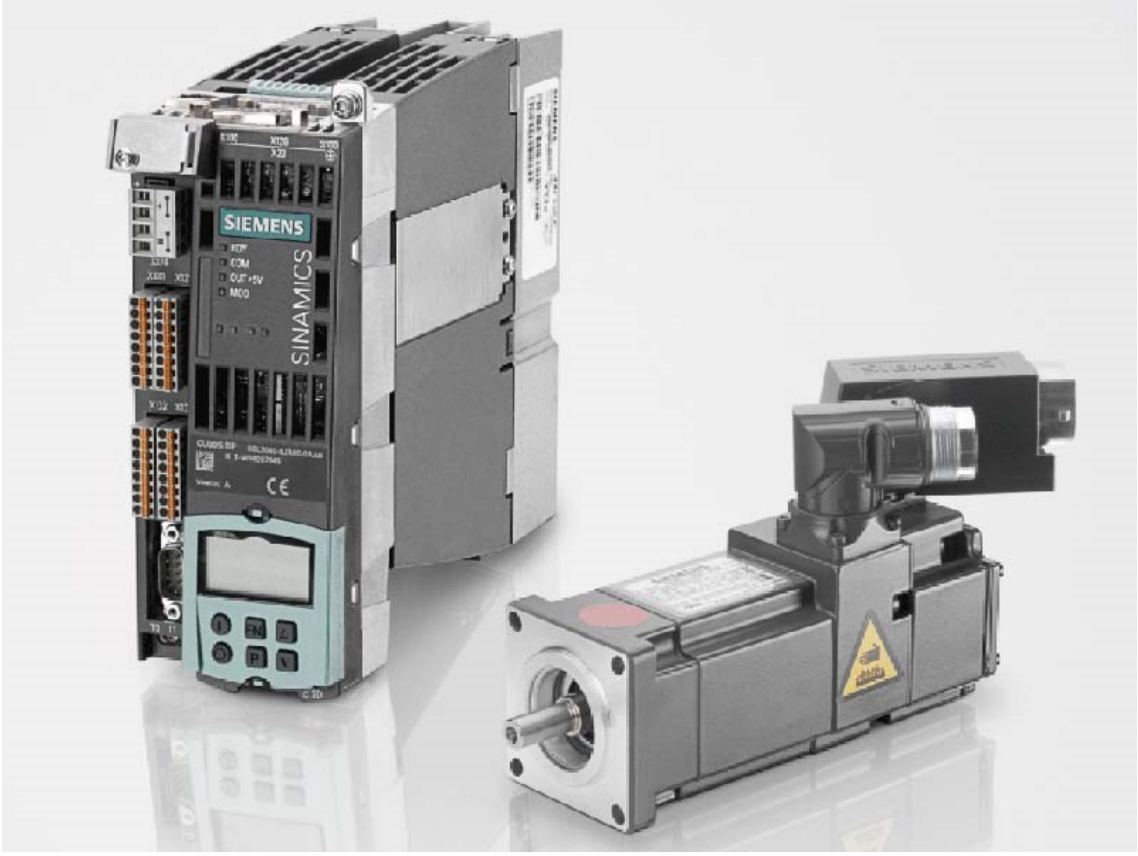
[11]

Ve své práci navrhuji bezpečnostní zastavení kategorie 0 a uvádím typový příklad pro zastavení kategorie 2.

3 Praktická část

3.1 Návrh struktury systému

3.1.1 Frekvenční měnič



Obrázek 1.12: *Menič Sinamics S110 složený ze silové částiPM340 a řídící části CU305 společně se servomotorem*

Z Jelikož řeším jednoosé polohování, vybral jsem z katalogu Siemens vhodný měnič, jedná se o měnič S110 složený z CU 305 a PM 340

SINAMICS S110 se používají v mnoha odvětvích. Běžně se používají v manipulační technice, potravinářské výrobě, automatických jednoúčelových strojích, kovoobrábění, dřevovýrobě, tiskařských strojích a strojích pro vstřikování a zpracování plastů.

Servopohon je možné připojit v kombinaci se synchronním motorem i s asynchronním motorem To podporuje všechny nejoblíbenější typy snímače.

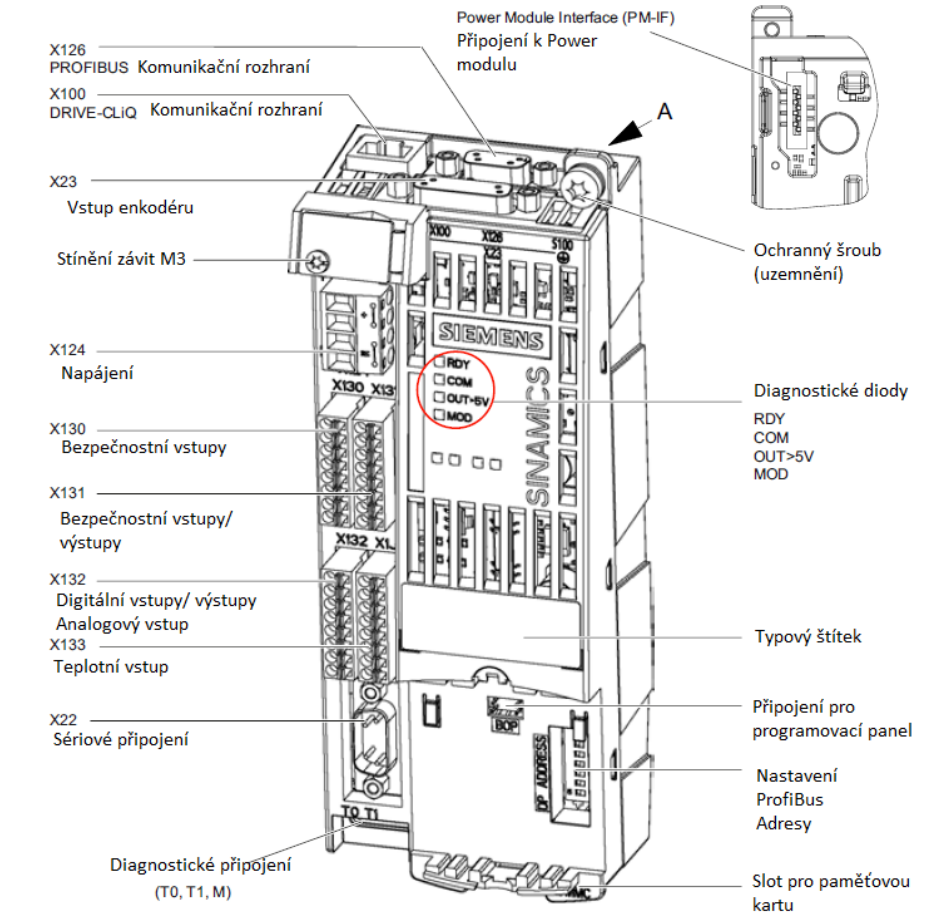
Řízení může být prováděno pomocí automatizačních systémů přes sběrnice CANbus, ProfiNet, nebo ProfiBus, popřípadě může být řízen prostřednictvím standartního analogového vstupu ± 10

Měnič obsahuje integrované řešení základní polohy EPOS.

Dle typu výkonové jednotky PM 340 můžeme připojit motory až do příkonu 90 kW. Motory jsou používány v provedení rotačním nebo lineárním. DRIVE-Cliq motory mohou být připojeny pouze prostřednictvím integrovaného DRIVE-Cliq rozhraní. To velmi ulehčuje připojení motoru, popřípadě servisní úkoly při výměně měniče, nebo motoru.

Kromě toho, SINAMICS S110 je vybaven integrovaným rozhraním snímače pro určení polohy. Je schopen pracovat s HTL / TTL a SSI enkodéry.

Mimo polohování z bodu do bodu umožňuje měnič, SINAMICS S110 přechod z jednoduchého polohování do režimu polohování v pořadí, toto se využívá pro, přesnou polohovou posloupnost přepravovaných předmětů náhodně na běžícím pásu. Používá pro to jednoduché pracovní cykly se sekvenčním prováděním.



Obrázek 1.13: *Řídící a komunikační jednotka CU305 přehled vstupních a výstupních konektorů [15]*

CU305 řídící jednotka SINAMICS S110 je vybavena integrovaným komunikačním rozhraním pro pro připojení k automatizovanému systému prostřednictvím. ProfiNetu, ProfiBusu nebo CANopen. Jsou podporovány i nejnovější standarty komunikace jako je- PROFIdrive který používá nová řada PLC od Siemensu pro polohování a je i podporován profil PROFIsafe pro komunikaci týkající se bezpečnosti.

Možnosti řízení jsou buď využít komunikaci pro spojení s PLC automaty, Měnič používá standartní funkce Siemensu SIMATIC S7, popřípadě lze použít technologii BICO Bico je vlastně jednoduché řízení použité u měniče, které zvládne vyřešit jednodušší funkce bez nutnosti používat PLC automat, Toto je velmi vhodné pro jednodušší stroje, nebo pro snížení vytížení externího řízení. K dispozici řada bloků obsahujících jednoduché logické bloky.

Diagnostika vstupních a výstupních proměnných. Časové charakteristiky vstupních a výstupních proměnných lze sledovat prostřednictvím programu STARTER sledovat můžeme nahrát až 4 signály současně.

Integrovaná bezpečnost. SINAMICS S110 poskytuje už přímo ve svém řešení komplexní funkce, které se běžně řeší pomocí externí bezpečnosti.

Standartní funkce jsou: Bezpečné vypnutí momentu (STO), Ovládání brzdy motoru (SBC), Bezpečné zastavení 1 (SS1).

Rozšířené funkce jsou k dispozici volitelně: Bezpečné zastavení 2 (SS2), Bezpečné operační zastavení (SOS), Bezpečné snížení rychlosti (SLS) - používá se při přiblížení obsluhy k nebezpečné vzdálenosti, Bezpečné monitorování rychlosti (SSM), Bezpečnostní kontrola směru otáčení (SDI).

Tyto bezpečnostní integrované funkce jsou plně integrovány do pohonného systému. Mohou být aktivovány pomocí fail-safe digitálních vstupů na CU305 řídicí jednotky nebo přes PROFINET nebo Profibus s PROFIsafe.

Bezpečnostní Integrované funkce jsou prováděny elektronicky, a proto nabízejí krátkou dobu odezvy ve srovnání s řešeními s externě realizovaných monitorovacích funkcí.

Měnič podporuje použití Micro Memory Card (MMC) karty, která je nezbytná, v případě použití bezpečnostních funkcí, jejichž licence jsou nahrány na kartě. Slot pro paměťovou kartu se nachází pod CU305 řídicí jednotkou. Výhodou použití karty je nahrání parametrů, a firmwaru měniče na kartu. V případě výměny měniče, se výměnou karty naparametruje nový měnič.

Jednoduché nastavení prostřednictvím IOP(inteligentního operačního panelu) IOP umožňuje několik úrovní přístupu od obsluhy po servisní pracovníky. Základní nastavení je

pomocí operačního panelu jednoduché. IOP se připojuje k rozhraní RS232 na řídící jednotce CU305 pomocí propojovacího kabelu. Operační panel je určen pouze pro parametrování, popřípadě diagnostiku, nedá se připevnit k měniči natrvalo.[15]

3.1.2 Stykač

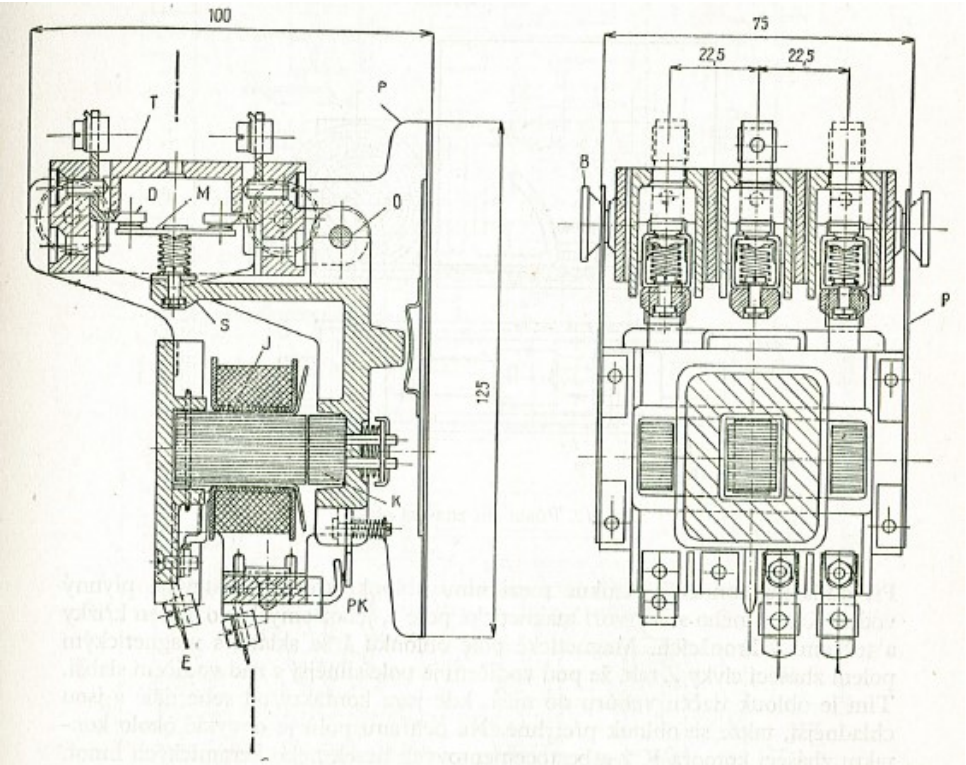
Stykač je nejpoužívanější spínací prvek, ovládaný může být elektricky, pneumaticky či vačkou. Nejběžnější jsou elektromagnetické stykače.

Kontakty stykače jsou silové - typicky NO - v normálním stavu rozepnuté. A pomocné NO v klidu rozepnuté, NC v klidu sepnuté. Kontakty jsou mechanicky pružinou přidržovanou polohu bez napětí. Stykače s provozním stavem NC u silových kontaktů jsou používány výjimečně.

Vzdálenost kontaktů je malá a je nutné zhášení, podle provedení se jedná o vzduchové, olejové, či vakuové stykače.

Dnes se ve většině aplikací používají vzduchové stykače. Oblouk je zhášen hmotou kontaktů ve zhášecích komůrkách pro každý pól. Kontakty jsou obvykle po dvou spojeny můstkem, dva zhášecí oblouky zvyšují možnost proudového zatížení, nevýhodou je napěťový úbytek na dvou kontaktech.

Pro zhášení se používá pro větší výkony zhášecích cívek, které jsou zapojeny do série s hlavními kontakty a vhodným tvarem a působením magnetického pole zhášecí cívky dojde ke zhášení elektrického oblouku. U vakuových a olejových stykačů se ke zhášení používá vakua a oleje. [5] [6] [7]



Obrázek 1.14: *Mechanické provedení stykače [7]*

3.1.3 Bezpečnostní moduly

Jako bezpečnostní moduly jsou chápány logické jednotky navržené pro realizování některých bezpečnostních funkcí v řídících a ovládacích systémech strojů a zařízení. Bezpečnostní moduly jsou zapojeny mezi vstupní a výstupní členy bezpečnostních prvků dle specifikací jednotlivých skupin požadované bezpečnosti, jsou určeny pro zvýšení spolehlivosti bezpečnostních obvodů.

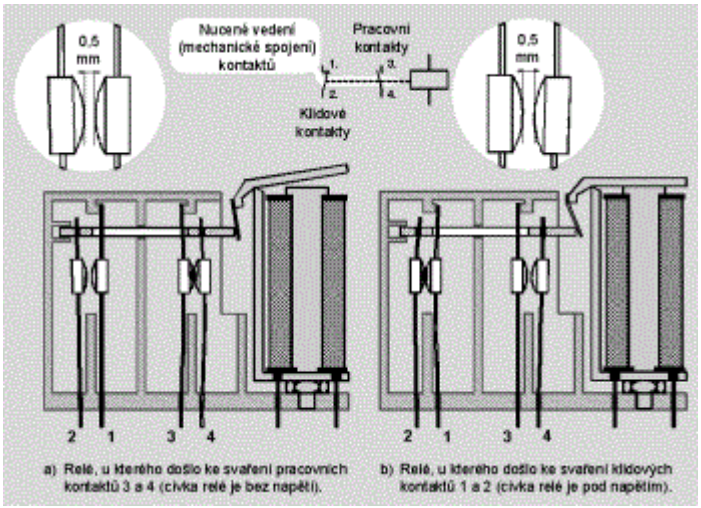
Detekce závady, musí být v modulu detekována samokontrolou, a neměla by být příčinou ke ztrátě bezpečnostní funkce, avšak architektury některých kategorií poruchu v některých případech připouštějí. V případě, že nedojde k bezpečnostnímu zastavení je u nižších kategorií nastaven periodický test funkčnosti a při nefunkčnosti zařízení musí být neprodleně do opravy odstaveno. Problém je však, když dojde k poruše mezi kontrolami, kdy je stroj nějakou dobu bez bezpečnostní funkce.

V bezpečnostním relé se používá několik relé, které mají nucené vedení kontaktů. Nucené vedení kontaktů je nutné jak říká norma ČSN EN 13849-1 provést ověřeným způsobem. Nejlépe u každého relé jiným, aby se využil, princip redundance a různosti. Mechanickým spojením kontaktů je zaručeno, že nemůže dojít kvůli mechanickému návrhu ke spojení kontaktů pracovních a klidových. Jedná se na rozdíl od „normálních relé“ o velice důležitou vlastnost.

Mechanickou konstrukcí pevných a pohyblivých kontaktů zajišťujeme, aby byly pohyblivé kontakty pevně spojeny a ovládány izolovaným táhlem, zatímco táhlo je určené i k vymezení vzdálenosti mezi kontakty. Pro vhodný pohyb jsou využity zarážky na krytu, které vymezují kontakty z druhé strany. Je to použito z důvodu, když se pracovní kontakty svaří a cívka napájení odpadne, tak zůstane vzdálenost min 0,5 mm mezi klidovými kontakty a svařenými pracovními kontakty. V případě, že se svaří klidové kontakty, tak mechanické opatření nedovoli přitáhnutí do pracovní polohy a zůstane mezi kontakty minimální vzdálenost 0,5 mm.

Bezpečnostní relé (běžné označení v praxi) nemají přepínací kontakty a kontakty se používají zásadně nepřepínací., Kontakty jsou umístěny v oddělených „komůrkách“ krytu. Používá se to pro zvýšení izolační pevnosti pro použití různých napětí na různých kontaktech v relé bez rizika snížení izolační schopnosti a zkratu.

Bezpečnostní obvody pro vyšší kategorie jsou vybaveny systémem monitorování jednotlivých kanálů mezi sebou a je tím zajištěna požadovaná bezpečnost. Míra monitorování je dána normou ČSN EN 13849 -1. V případě použití stykače jako akčního členu, musí i tento přístroj mít nucené vedení kontaktů s tím, že se do zpětnovazebního obvodu zapojuje jeho klidový kontakt.



Obrázek 1.15: *Nucené vedení kontaktů*

Jestliže je použit „obyčejný“ stykač, bez nuceného vedení kontaktů, ztrácí použití bezpečnostního modulu smysl.

[20]

3.1.4 Synchronní motor

Dnešní synchronní motory používané pro automatizační aplikace se značně liší od synchronních motorů, používanými před několika desítkami let. S rozvojem elektrotechnologie se začaly používat stroje s permanentními magnety namísto buzeného magnetického obvodu.

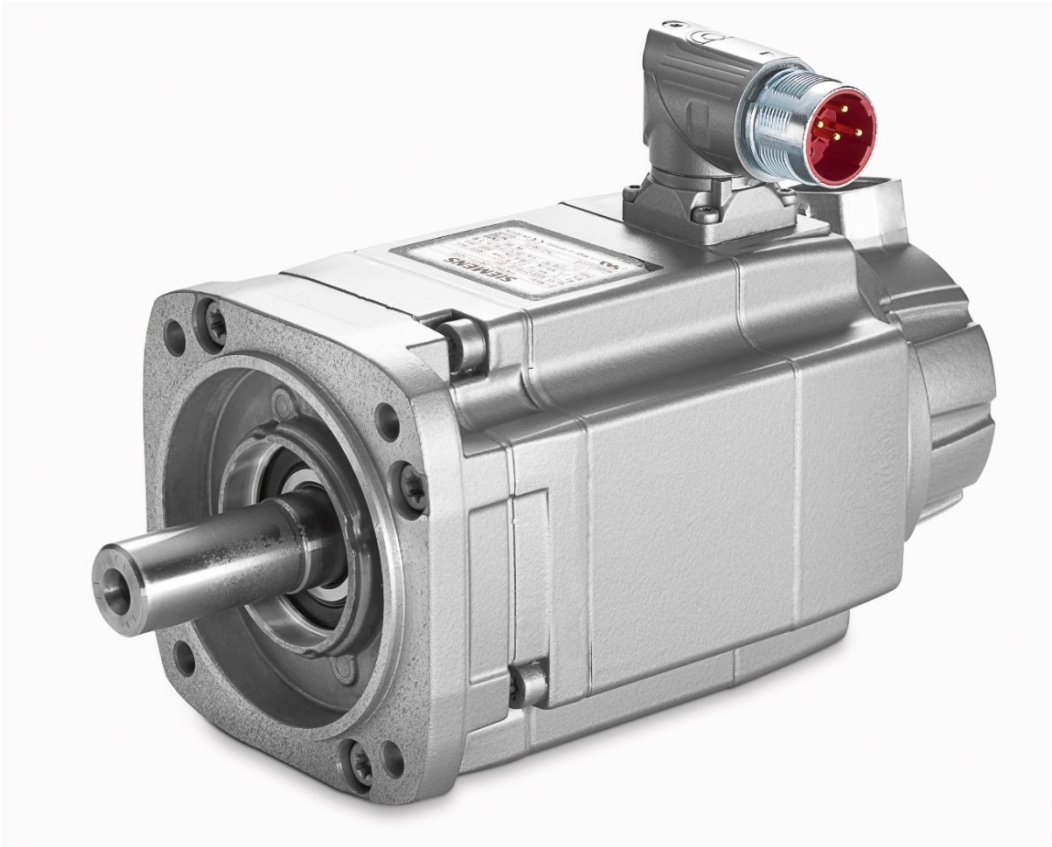
Největší využití je jako servopohon robotů, manipulátorů a jednoúčelových strojů, kde je tento druh motoru téměř standardem vzhledem k jeho bezúdržbovosti a už dostatečném prověření v praxi. Synchronní servomotory jsou většinou navrhovány jako šestipólové se zabudovaným enkodérem pro určení natočení hřídele motoru pro manipulační operace.

Stator je třífázový, neodlišuje od běžného statoru jiných synchronních, nebo asynchronních motorů s běžně vinutým rotorem. Rotor je složen z magnetického obvodu s vloženými permanentními magnety z kovů vzácných zemin. Magnety se na rotor lepí, ve velkosériové výrobě se magnety magnetují přímo na rotoru motoru.

Mezi rotorem a statorem je vzduchová mezera stálé velikosti a z toho důvodu je průběh magnetické indukce stálý sinusový.

Motor je ve většině případů navrhován jako šestipólový, jeho výhodou je možnost jeho krátkodobého momentového přetížení, není nutné buzení rotoru jako u starších konstrukcí synchronních strojů, nejsou potřeba uhlíky pro převod budícího proudu.

Nevýhodou nemožnost motor odbudit a při vysoké teplotě při poruše je riziko odmagnetování rotoru.[21]



Obrázek 1.16: *Synchronní servomotorotor Siemens 1FK70423BK711QA0[10]*

3.1.5 Kontrola dveří

Pro kontrolu dveří, či přístupových bodů uvažujeme 2 hlavní druhy přístupů do stroje, dveře servisní, a dveře, popř. místo takzvané pracovní.

Pro servisní dveře uvažuji klasický zámek na dveřích doplněný magnetickým bezpečnostním kontaktem. 3SE6 704-2BA – dveřní magnet 3SE6 604-2BA01 Kontaktní blok s konektorem M8 – 4 pinovým pro snadnou případnou výměnu.

Dveřní kontakty fungují na principu magnetu a jazýčkových relé v kompaktním obalu a cejchované šipkami pro snadné nastavení. Jedná se o verzi 2 NC, to znamená, že v přítomnosti magnetu jsou kontakty sepnuté a v klidovém stavu jsou kontakty rozepnuté.

Obrázek 1.17: *Dveřní magnetický kontakt[10]*

3.1.6 Světelné závory

Pro pracovní přístup uvažuji světelní závory délky 900 mm rozlišení 30 mm Siemens Přijímač 3RG78 43-3SD08-0SS1 600 Vysílač 3RG78 43-3SD08-0SS0.

Světelné závory fungují jako vysílače světla a světlocitlivé prvky umístěné v optice nastavené pro rozlišení pevně daných velikostí předmětů, v mém případě o velikosti 30 mm za což se dá považovat ruka.

Pro světelné závory se používá speciální bezpečnostní relé přímo dodávané se závorami3RG78 47-4BB[10]

Obrázek 1.18: *Světelná závora Siemens 3SF78 42[10]*

Obrázek 1.19: *Bezpečnostní relé určené pro světelné závory3RG78 47-4BB[10]*

3.2 Možnosti provedení

Funkční provedení systému je možno provést v několika variantách. Jedná se o použití bezpečnostních modulů, použití bezpečnostního PLC, popřípadě o použití interních bezpečnostních funkcí měniče.

Vzhledem k možnostem popíši jednotlivé varianty, ale měření budu provádět pouze na variantě s použitými bezpečnostními moduly.

Pro každou variantu je nutné určit bezpečnostní kategorii. Pro určování bezpečnostní kategorie jsem použil nástroj Safety evaluation tool.

3.2.1 Návrh motoru

Zvolil jsem motor 1FK70423BK711QA0 o následujících parametrech

Maximální otáčky:	6000 ot/min
Počet pólů:	6
Proudový odběr:	2,4 A
Statický moment:	2,5 Nm
Účinnost	89%
Enkodér:	AS20DQI – rozlišení 20 bit
Maximální odběr proudu	5A
Maximální kroutící moment:	6,8 Nm

Tabulka 1.8: *Tabulka parametrů použitého motoru*

3.2.2 Návrh frekvenčního měniče

Potřebuji měnič pro jednoosou aplikaci, z toho důvodu uvažuji pohonnou jednotku S110, která je složena z kontrolní části CU 305 a výkonové jednotky PM 340.

Výkonová jednotka je dimenzovaná v různých výkonových řadách, vybírá se podle zvoleného motoru. Zvolil jsem jednotku: 6SL3210-1SE16-0UA0 pomocí konfigurátoru Siemens.

Příkon silové jednotky je 2,2 kW a proudový výstup max. 5,9 A. [4]

3.3 Zhodnocení a porovnání jednotlivých možností pro praxi

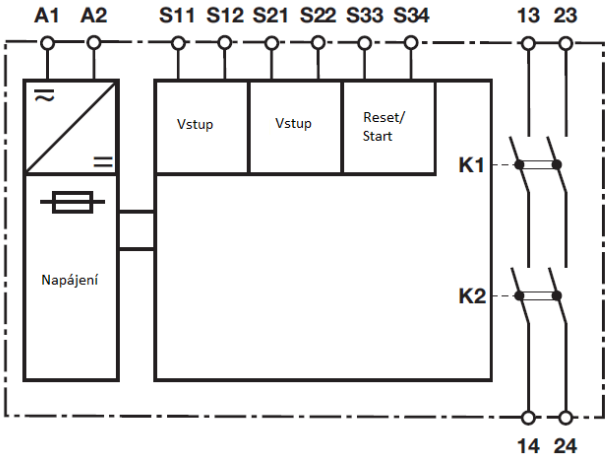
Existuje několik verzí, provedení funkční bezpečnosti pro nejčastější možnost a pro interní bezpečnost měniče jsem provedl analýzu bezpečnostní kategorie, zda, sestava vyhovuje bezpečnostním normám.

3.3.1 Zapojení s bezpečnostními moduly – Stop kategorie 0

Další možností je použití bezpečnostních relé, jako příklad uvedu PILZ PNOZ X2, tento bezpečnostní prvek splňuje specifikace až do SIL3 a je možno ho použít pro bezpečnostní stop, či monitorování dveřních kontaktů.

Návrh jsem provedl podle doporučených zapojení firmy siemens a firmy PILZ. Výkresy jsou v příloze.

Obrázek 1.20: *Pilz Pnoz X2*



Obrázek 1.21: *Blokové schéma Pilz Pnoz X2*

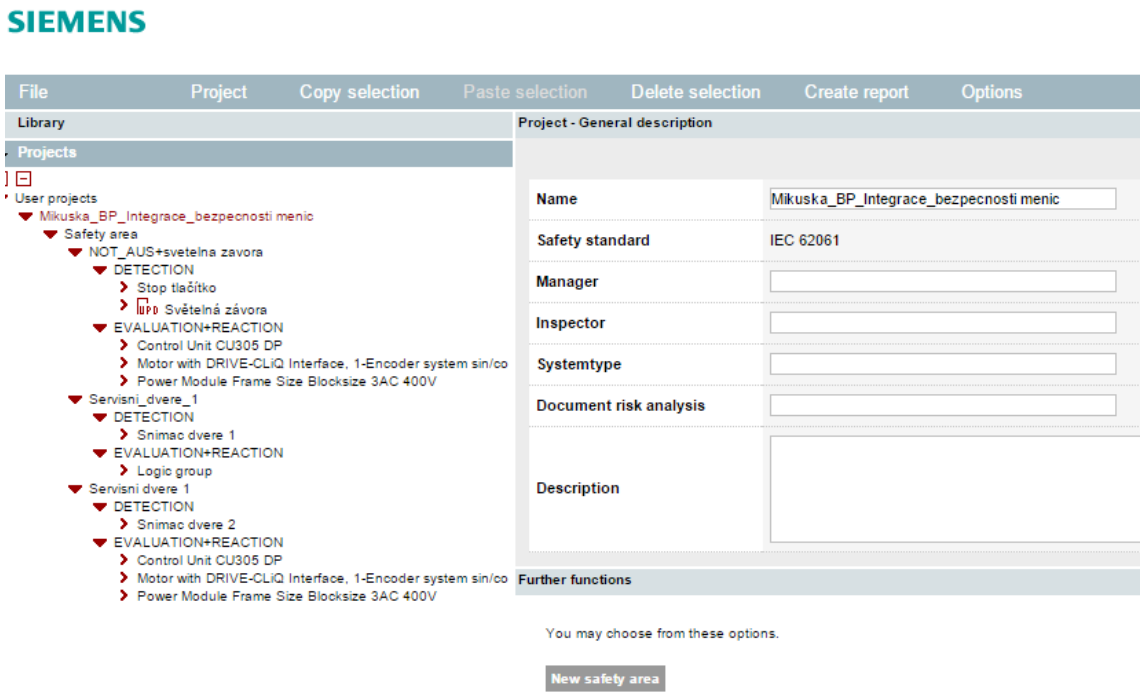
Dále jsem provedl zhodnocení pomocí programu Siemens Safety Evaluation Tolls, dle předcházejícího postupu. Jediný rozdíl byl přidání hardwaru jiného výrobce podle katalogových údajů.

Navrhl jsem systém pro úplné odpojení měniče od napětí.

3.3.2 Interní bezpečnost měniče: Stop kategorie 2

Další možnost, kterou jsem se zabýval je použití bezpečnostní funkce měniče, konkrétně jednotky CU305.

Nejprve jsem pomocí nástroje Safety evaluation tool, který je k dispozici online "složil" konfiguraci a ověřil, zda je vyhovuje bezpečnostní třídě SIL 2, která odpovídá třídě vlastností PL d. Práce v programu je jednoduchá a intuitivní, v příloze je kompletní konfigurace + exportovaný soubor konfigurace, který lze uložit.



Obrázek 1.22: *Práce s nástrojem Siemens evaluation tool*

Nastavení v měniči se provádí pomocí nástroje Simotion Scout.

Nastíním práci s nástrojem Simotion Scout dle dokumentace.[16] Jedná se o nástroj umožňující programování jednotky CU305.

Jedná se o program ze skupiny TIA - Totally Integrated Automation, jeho nevýhodou je poměrně vysoká cena cca 1500 Euro. Tato nevýhoda je u všech možností, protože, jednotlivé konfigurace musíme také naparametrovat prostřednictvím programu Sinamics SCOUT

Práce v Simotion SCOUT je následující.

Nastavení připojení s měničem, založení projektu, výběr jednotky CU a nastavení její profibus adresy, přechod do online modu, Nastavení Flip-flop signálu pro zapínání funkcí měniče, Konfigurace měniče a nastavení rychlostí motoru, nastavení regulační smyčky, a konfigurace digitálních vstupů pro ovládání měniče.

Dalším krokem je nastavení bezpečnostních funkcí, v menu Function zvolíme možnost Safety Integrated, poté zvolíme Tlačítko Change settings pro úpravu nastavení. Po zvolení této položky nastavíme heslo. Po nastavení hesla Zvolíme v nabídce Safety functin selection položku Motion monitoring via terminals.

Dle použitého motoru zvolíme položku Safety with enkoder pro potvrzení práce s enkodérem. A můžeme pokračovat v konfiguraci vstupů a výstupů.

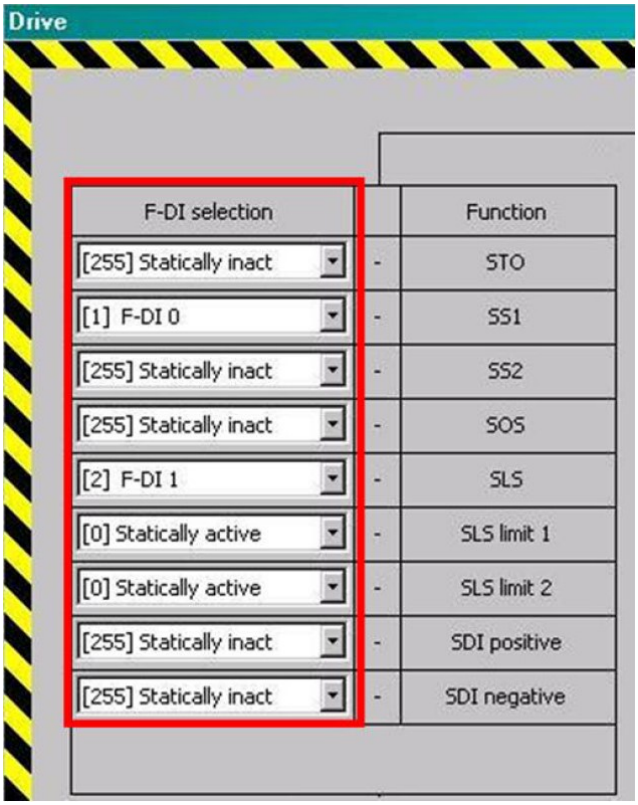
Pokračujeme nastavením prodlevy vstupů a výstupů nastavením na 200 ms, pokračujeme nastavením stlačením položky Drive.

K jednotlivým bezpečnostním funkcím přiřadíme vstupy a výstupy, které používáme. V dalším kroku můžeme využít funkce bezpečného zpomalení pohonu při vstupu do blízkosti nebezpečné vzdálenosti, tato funkce se často používá pro aplikace s bezpečnostním scannerem.

Další nabídkou je nastavení bezpečné rychlosti v nabídce můžeme nastavit monitorování rychlosti pomocí enkodéru v zadaných mezích.

Na konci konfigurace provedeme uložení tlačítkem Copy parameters a kliknutím Activate settings. Po konci nastavení je provedeno uložení na paměťovou kartu. Po uložení stáhneme konfiguraci do počítače a uložíme projekt.[16]

Provádím pouze srovnání možností provedení bezpečnostního obvodu frekvenčního měniče, nekonfiguroval jsem jednotku, pouze jsem porovnával možnost provedení. A dále jsem porovnával kategorie bezpečného vypnutí.



Obrázek 1.23: *Ukázka konfigurace pomocí nástroje Siemens Simotics SCOUT*

3.3.3 Ostatní možnosti provedení bezpečnostní funkce

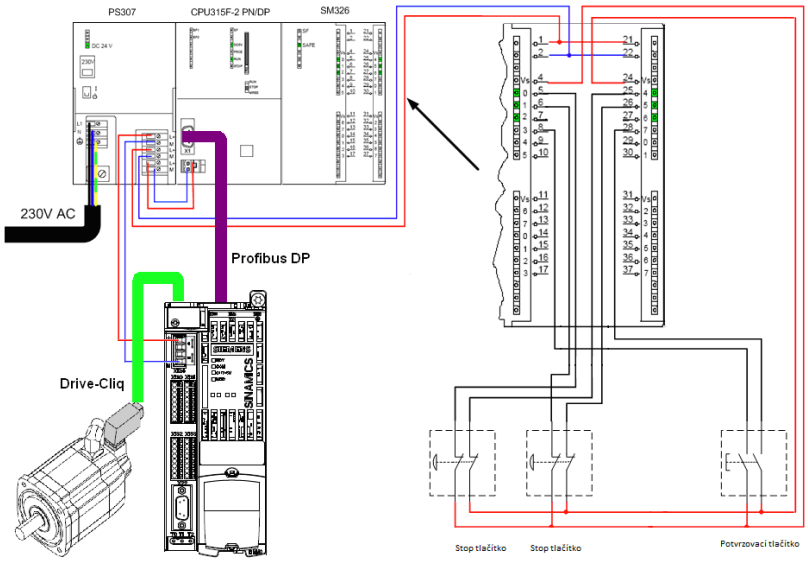
Použití bezpečnostního PLC: zde se nabízí použít verzi PLC Siemens verze F - bezpečnostní. O kterých jsem se zmiňoval v kapitole použité komponenty. Firma Siemens uvolnila pro měnič

Jedná se o programování v jazyce STL a STC, přikládám obrázek programu s použitou funkcí bezpečnostního PLC.

Jedná se o nejnovější možnost řešení bezpečnostních funkcí, avšak nemůže se použít pro kategorii PL e, z důvodu požadavku normy, která dovoluje maximální kategorii PL d.

V ostatních státech mimo Evropskou unii je však použití bezpečnostních PLC pro nejnáročnější aplikace dovoleno.

Pro aplikaci úrovně vlastnosti PLd je však použití možné a mohl jsem toto řešení použít. Výhodou je integrované řešení, nevýhodou je cena řešení včetně vyšší ceny SW pro programování.



Obrázek 1.24: *Schema propojení měniče s PLC pomocí sběrnice profisafe*

V příloze na CD přikládám program příkladu použití bezpečnostní funkce s PLC, jedná se o příklad společnosti Siemens [22]

3.4 Návrh způsobu testování.

3.4.1 Volba způsobu měření

Jako úkol měření je změřit vypínací čas bezpečnostního systému, navržený systém změřím následovně. Budu sledovat hodnoty napětí na stoptlačítku, dveřním kontaktu, nebo světelné závoře.

Tyto komponenty jsou zapojeny v rozpínací logice. To znamená, pokud se dostane hodnota na stoptlačítku do hodnoty nula, začínám měřit čas, dokud se nedostane stykač na výstupu také do hodnoty nula.

Jako způsob měření jsem zvolil přesné načítání aktuální hodnoty stavu stop tlačítka, světelné závory, a dveřních kontaktů. Vzhledem k rychlosti měření jsem naměřil hodnoty zvlášť.

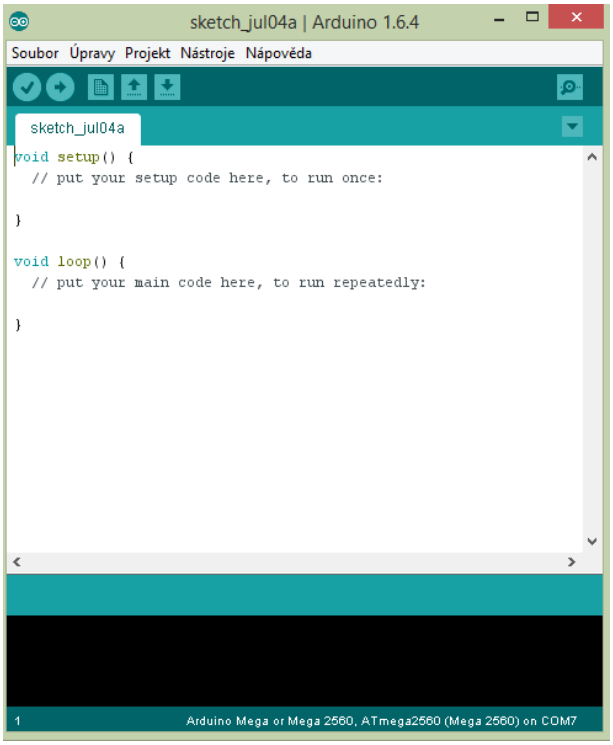
Po zkušebním naměření vypínacího času pomocí digitálního osciloskopu Textronix 2430A. Jsem zvolil jako způsob měření monitorování pomocí mikrokontroléru. Použil jsem vývojovou desku Arduino Mega 2650 s měřením pomocí pomocného relé.

Pro načtení údajů o aktuálním stavu jsem použil sériovou linku pro komunikaci s osobním počítačem. Pro měření jsem vytvořil aplikaci pro mikrokontrolér a aplikaci pro PC v jazyce C# ve vývojovém prostředí Visual Studio.

3.5 Testování

3.5.1 Aplikace mikrokontroléru

Pro aplikaci v mikrokontroléru používám jazyk Wiring v prostředí Arduino IDE. Jedná se o jazyk odvozený od jazyka ANSI C a jazyka C++.

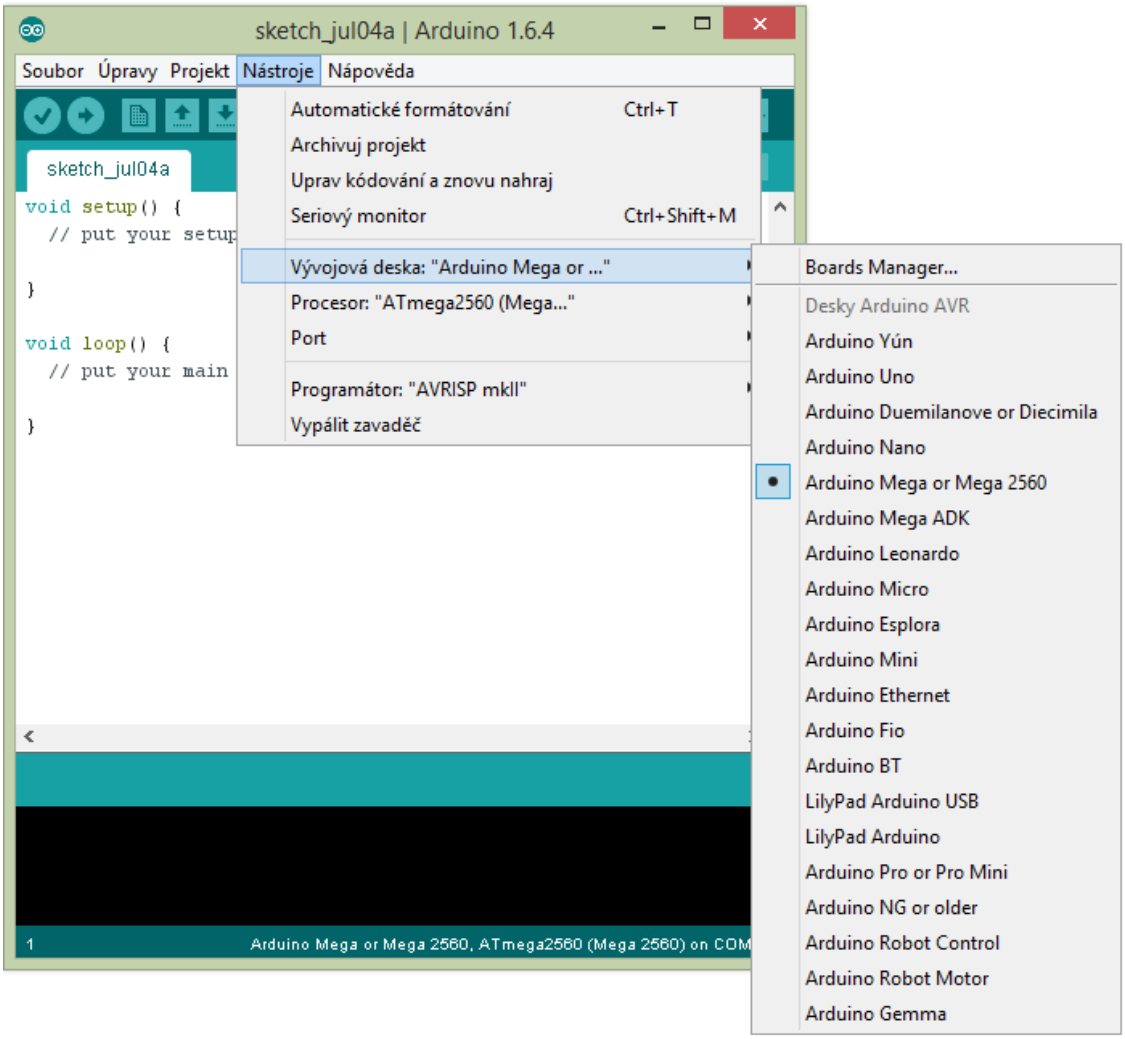


Obrázek 1.25: *Ukázka prostředí Arduino IDE*

Prostředí Arduino IDE je jednoduše provedené prostředí prostřednictvím kterého můžeme programovat aplikaci, zkompilovat ji a nahrát ji do mikroprocesoru.

Komunikace s procesorem probíhá přes integrovaný převodník USB UART. Samotná deska nepodporuje klasickou sériovou linku, ale má integrovanou sběrnici UART s převodníkem na USB. V PC se s převodníkem deska hlásí jako COM 7. [13] [18]

Pro programování je důležité zvolit používanou desku z důvodu různé HW výbavy jednotlivých prodávaných řešení. Nejen originálních, ale existuje nepřeberné množství Arduino klonů z důvodu, že komunita Arduino uvolňuje kompletní dokumentaci pod licencí open hardware. Dle mého názoru je tato politika správná pro rozšíření pojmu o programování procesorů mezi širokou veřejnost.



Obrázek 1.26: *Výběr vývojové desky*

Prostředí obsahuje i jednoduchý sériový monitor, který ovšem nepoužívám.

Zdrojový kód použitý pro měření pomocí arduina je:

```
int Pomocne_rele = digitalRead(2);

int Stykac = digitalRead(4);

void setup()

{

 pinMode(4, INPUT);

 pinMode(2, INPUT);

}
```

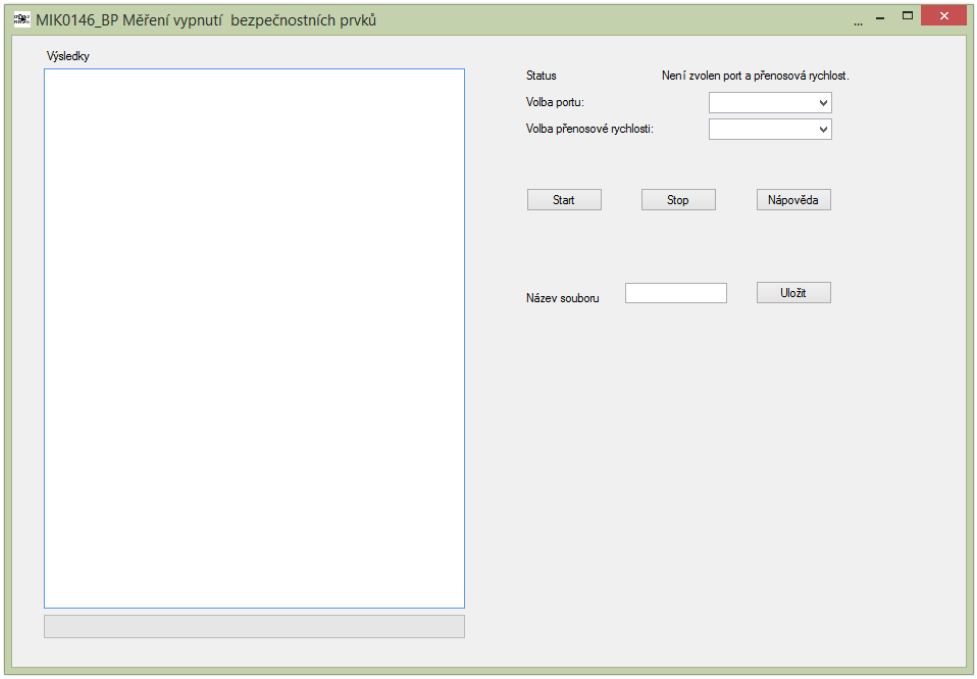
```
void loop()
{
  int Pomocne_rele = digitalRead(2);
  int Stykac = digitalRead(4);
  long unsigned int aktualni_cas_procesoru;

   if (Pomocne_rele == LOW && Stykac == HIGH)
  {

    Serial.begin (115200);

    aktualni_cas_procesoru = millis ();
    Serial.println(aktualni_cas_procesoru);
    delay (1);
 }
 }
```

3.5.2 Aplikace pro PC

Pro příjem používám aplikaci vytvořenou v jazyce C#

Aplikace načte data z mikrokontroléru přes sériový port a přidá k nim aktuální čas měření. Dále je možno uložit výsledek do log souboru. [13]

Aplikace má grafické prostředí a je vytvořená nástrojem Visual Studio 2013 [12]

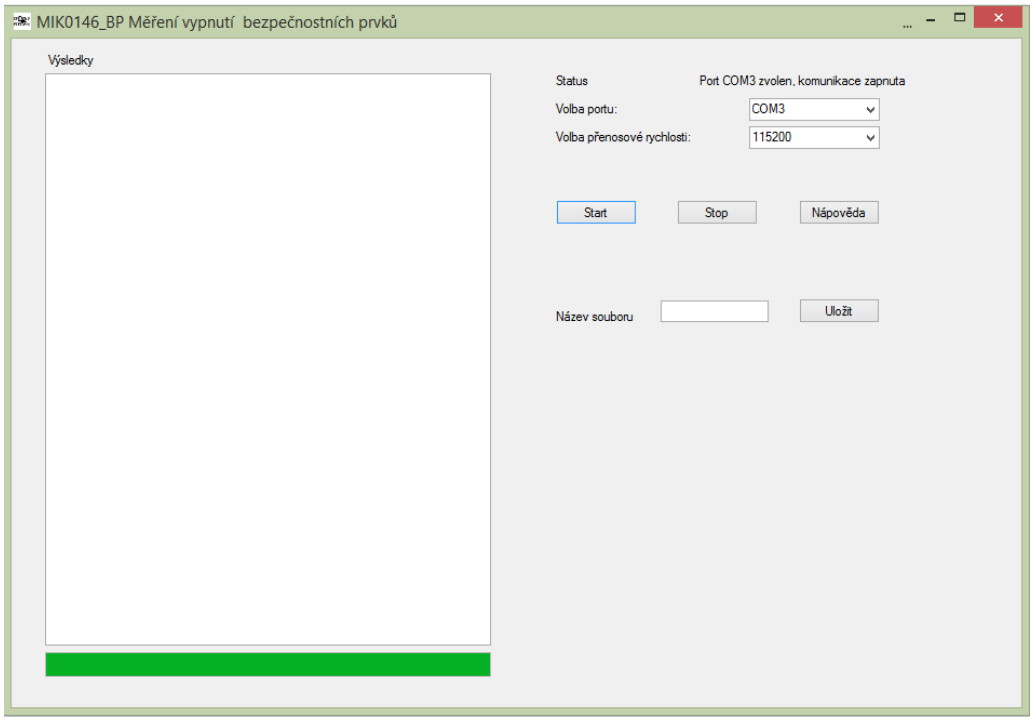


Obrázek 1.27: *Program pro příjem dat z Arduina*

Ukázka zdrojového kódu pro komunikaci přes sériový port:

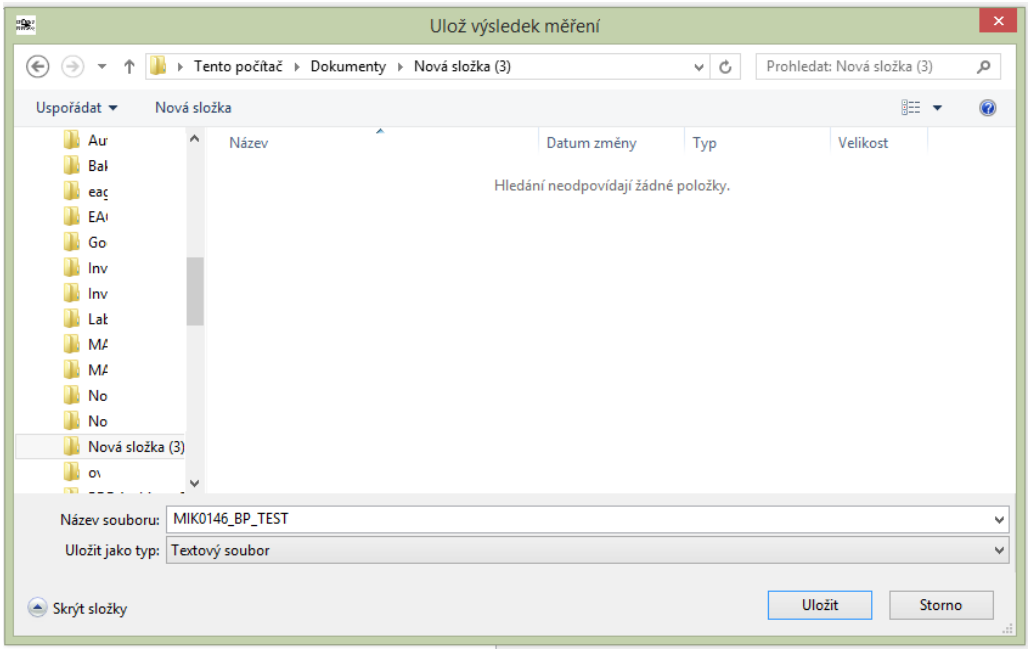
```
private void start_btn_Click(object sender, EventArgs e)
{
         try
            {
            if(Vyber_portu_CB.Text==""||BaudrateCB.Text=="")
                {
                    Status.Text = "Zvolte nastavení portu a přenosové rychlosti";
                }
            else
            {
            Arduino_Port = new SerialPort();
            Arduino_Port.PortName = Vyber_portu_CB.Text;
            Arduino_Port.BaudRate = Convert.ToInt32(BaudrateCB.Text);
            Arduino_Port.Parity = Parity.None;
            Arduino_Port.DataBits = 8;
            Arduino_Port.StopBits = StopBits.One;
            Arduino_Port.DataReceived += Arduino_Port_DataReceived;
            Arduino_Port.Open();
            Value_pb.Value = 100;
            Status.Text = "Port " +Vyber_portu_CB.Text+ " zvolen, komunikace
zapnuta";
            }
        }
            catch (UnauthorizedAccessException)
            {
                Status.Text = "Neautorizovaný přístup";
}
```

Kompletní zdrojový kód je umístěn na přiloženém datovém nosiči.



Obrázek 1.28: *Nastavení programu pro měření*

Ukázka nastavení programu pro měření, vybereme port, nastavíme rychlost 115200 a spustíme komunikaci. Načteme výsledek, ukončíme komunikaci a uložíme do souboru. Pro měření používám COM 7, na kterém pracuje na mém PC Arduino.



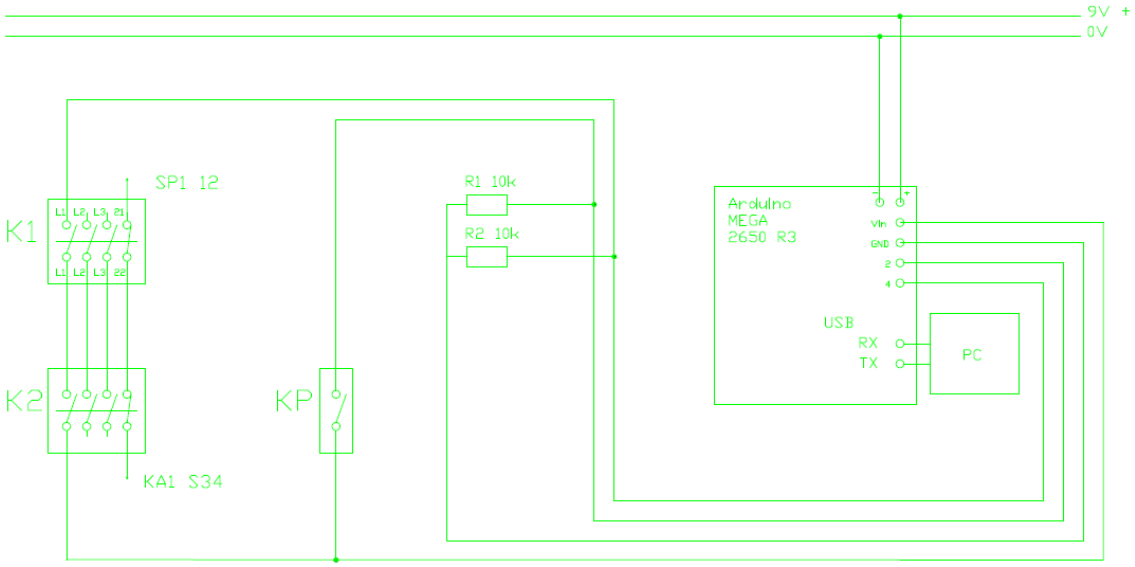
Obrázek 1.29: *Ukládání do souboru*

Uložením do souboru jsem mohl ukládat jednotlivé výsledky.

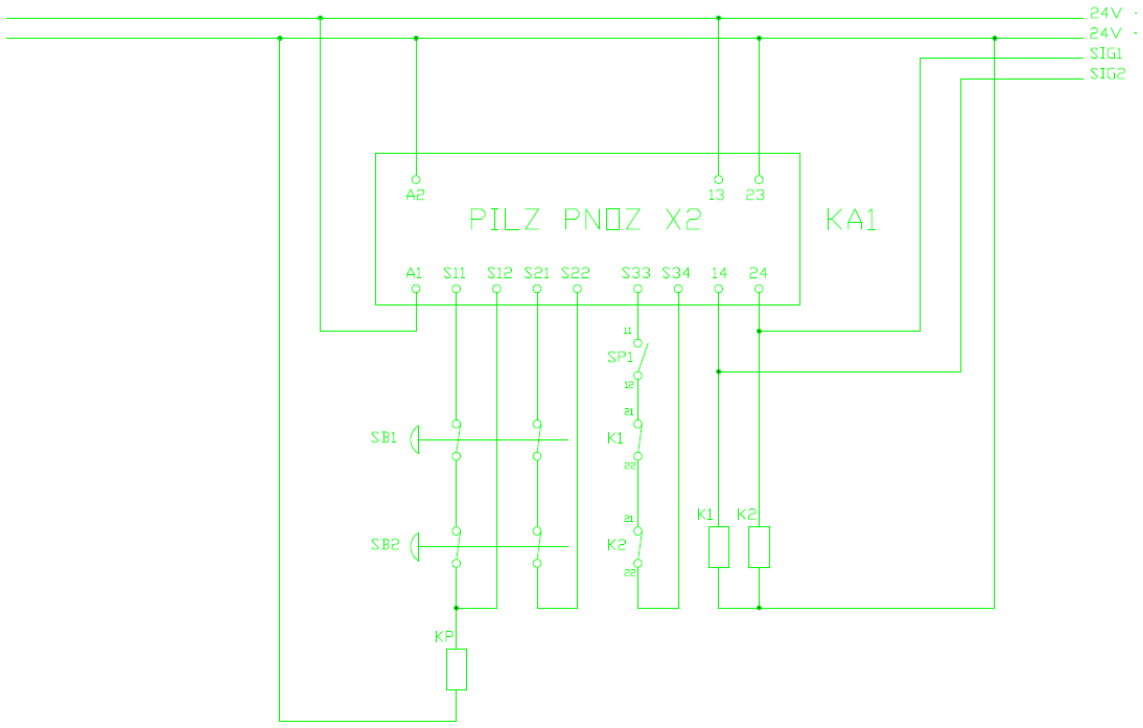
3.5.3 Vlastní měření – schémata zapojení a popis a výsledky

Zapojení bezpečnostního okruhu jsem zapojil dle dokumentace a výkresů 5-8. Všechny možnosti jsem měřil postupně s postupným přepojováním pomocného relé KP. Používám dva odpory R1 R2 to 10 kΩ spojených k zemi.

Spustil jsem vytvořený SW na PC a začal jsem stisknutím Stop tlačítka.



Obrázek 1.30: *Schéma zapojení měření pomocí pomocného kontaktu relé.*



Obrázek 1.31: *Měření s pomocným relé – STOP tlačítko*

Jako výsledek je použitý LOG soubor, který jsem si uložil. Na základě vyčtených aktuálních časů procesoru při testu jsem vypočítal skutečnou dobu vypnutí.

log soubor:

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179864

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179865

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179867

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179868

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179870

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179871

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179872

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179874

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179875

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179877

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179878

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179880

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179881

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179883

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179885

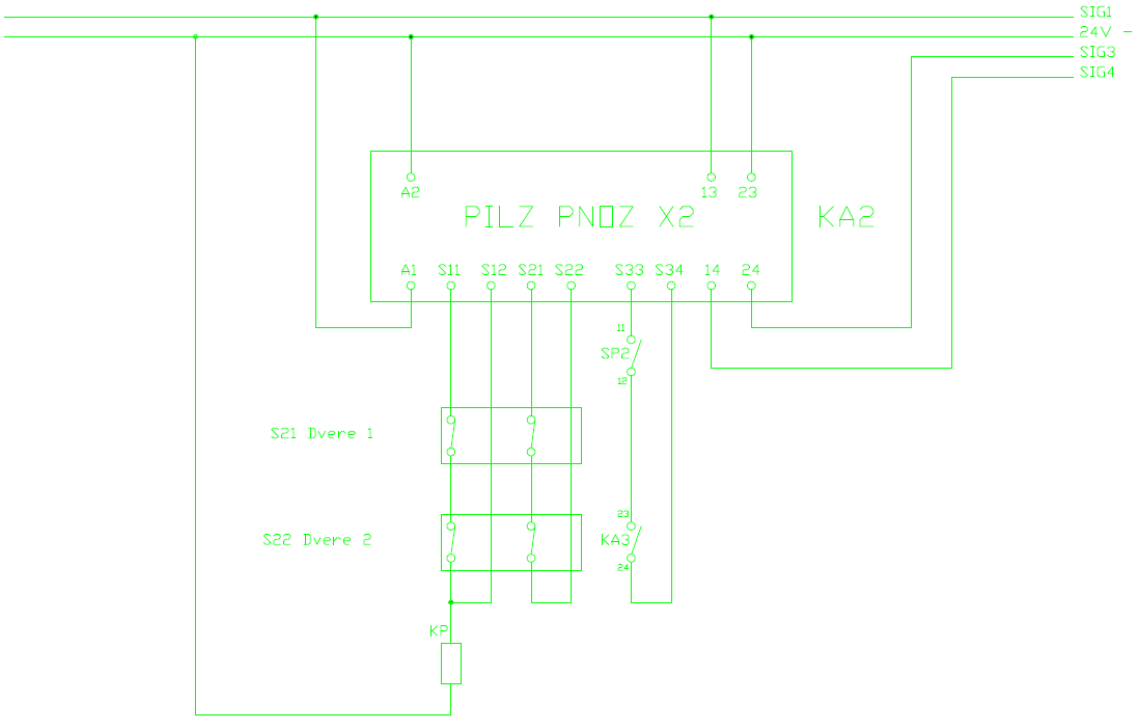
čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179886

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179888

čas měření: 15:53:6 čas procesoru: 4179889

Z log souboru jsem vypočetl dobu nezpečného vypnutí na 25ms.

Další měření jsem provedl u dveřních kontaktů. Mechanicky jsem oddálil magnetický spínač dveří a opět uložil do logu a vypočítal čas vypnutí.



Obrázek 1.32: *Schéma měření doby vypnutí u dveřních kontaktů*

Log soubor Bezpečnostních dveřních kontaktů:

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188820

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188821

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188822

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188824

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188825

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188826

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188828

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188829

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188830

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188831

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188832

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188833

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188834

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188835

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188837

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188838

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188839

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188840

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188842

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188843

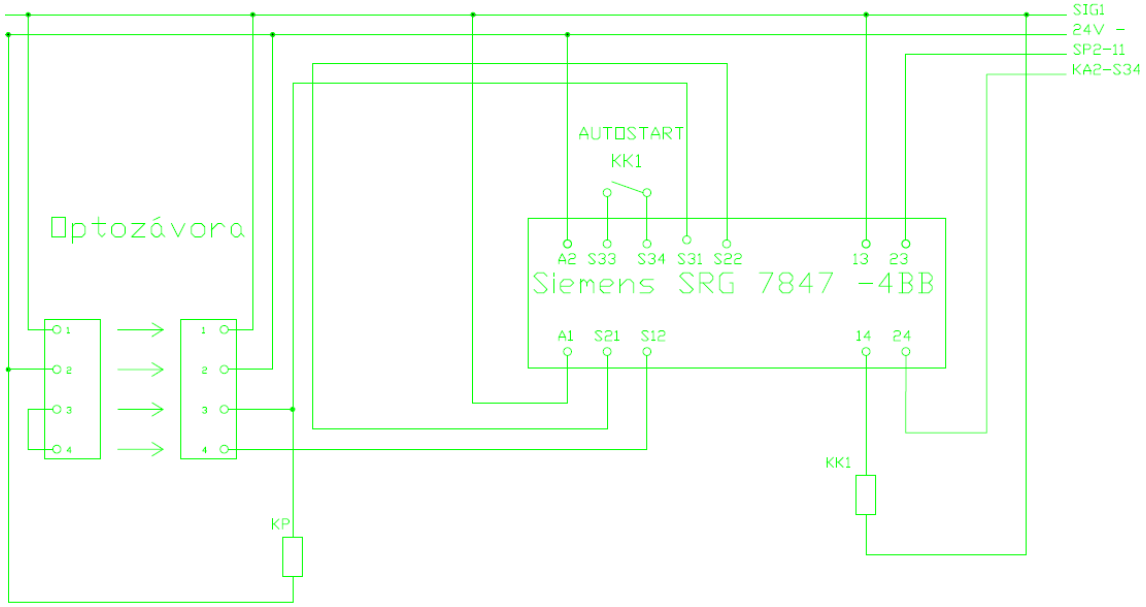
čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188844

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188845

čas měření: 15:58:10 čas procesoru: 9188846

Vypočtená doba bezpečného vypnutí je 26 ms.

Následně jsem postupoval stejně při protnutí světelné závory.



Obrázek 1.33: *Schéma měření optozávory*

Podle logu jsem též vypočítal čas vypnutí.

Log bezpečnostních závor:

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452612

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452613

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452614

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452616

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452617

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452618

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452619

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452621

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452622

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452623

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452624

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452625

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452626

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452628

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452629

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452630

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452632

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452633

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452634

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452635

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452636

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452637

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452638

čas měření: 16:05:28 čas procesoru: 12452639

Výsledný čas vypnutí je 27 ms.

4 Závěr

Během měření a návrhu jsem porovnal 2 možnosti provedení, vybral jsem si možnost bezpečného zastavení kategorie 0 pro zapojení a naměření časů bezpečného vypnutí. Tato alternativa je bez kontroly doběhu motoru pro bezpečné zastavení. Popsal jsem i verzi pro kategorii 2 a nastínil problematiku nastavení, dále jsem uvedl další možnosti provedení bezpečnostních funkcí.

Přímým porovnáním těchto možností, musím konstatovat, že zastavení kategorie 2 je lepší řešení, jediný problém vidím v neodpojení silové části od napětí.

Z hlediska použití je řešení kategorie 0 běžně používané. Výhodou jsou v kombinaci s brzdou motoru velmi dobré vlastnosti.

Vypínací časy tohoto řešení jsou krátké a dobrzďování motoru je závislé na mechanické koncepci stroje.

Řešení měření pomocí vývojové desky Arduino je možná zvláštní, ale vzhledem ke kombinované formě studia to byla jedna z možností kdy si měřící SW připravit doma a naměřit data v zaměstnání. Proto jsem volil zvolené komponenty, jelikož je používáme na výrobních strojích a byla možnost na nich odměřit časy bezpečného vypnutí.

Závěrem můžu dodat, že jsem velice rád, že jsem se seznámil s metodami návrhu a ověření bezpečnostních okruhů, v praxi to jistě použiji.

5 Použitá literatura

[1] ČSN EN 13849-1 [online]. [cit 2013-11-12]..

[2] ČSN EN 62 204 -1 [online]. [cit 2013-11-12]..

[3] https://csnonline.unmz.cz [online]. [cit. 2013-11-12]..

[4] http://stest1.etnetera.cz/ [online] [cit 2015 12 02]

[5] http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/se/SEL1a.pdf [online].

[cit. 2015-03-12]..

[6] www.odbornecasopisy.cz [online]. [cit. 2015-03-12]

[7] **Prof. Ing. Dr. Ladislav Cigánek, Ing. Dr. Miroslav Bauer Elektrické stroje a přístroje** Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1957 640 stran typ číslo L25-C2-4-II/5270 str 57 [cit. 2015-03-12]

[8] **Pavel Souček: Servomechanismy ve výrobních strojích** Praha, vydavatelství ČVUT, 2004, 210 stran, ISBN:80-01-02902-6

[9] http://www.sinomag.cz[online]. [cit. 2015-03-12]

[10] http://www1.siemens.cz/[online] [cit. 2015-03-12]

[11] http://automatizace.hw.cz/ [online]. [cit. 2015-03-12]

[12]**Andrew Troelsen C# a .NET 2.0 profesionálně** Brno 2006 1197 stran ISBN 80-86815-42-0 [cit 2015 04-10]

[13] http://www.root.cz/[online][cit 2015 04-10]

[14 MM Průmyslové spektrum: Management rizik v konstrukci výrobních strojů. Praha: MM publishing, s.r.o., 2009.90 stran. ISSN1212-2572

[15] stest1.etnetera.cz [online][cit 2015 04-10]

[16] https://cache.industry.siemens.com [online] [cit 2015 04-10]

[17] Pilz PNOZ X2 - firemní dokumentace [online] [cit 2015 04-10]

[18]www.arduino.cc [online] [cit 2015 06-10]

[19] Motor 1k70423BK11QA0 Datasheet [online] [cit 2015 04-10]

[20] Časopis Elektro Jiří Hlinovský: Zabezpečení strojů a strojních zařízení proti následkům poruchy jejich vlastního elektrického řídícího systému [online] [cit 2015 04-10]

[21] Časopis Elektro: Uplatnění synchronních strojů v dopravní technice [online] [cit 2015 04-1]

[22] SINAMICS S: Positioning of a S110 using S7-300/400 (STEP 7 V5) with PROFINET/PROFIBUS and Safety Integrated (via PROFIsafe and fail-safe inputs [online] [cit 2015 04-1]

6 Seznam příloh

6.1 Tištěná příloha

Příloha A: *Nastavení pomocí Siemens Evaluation Tool*

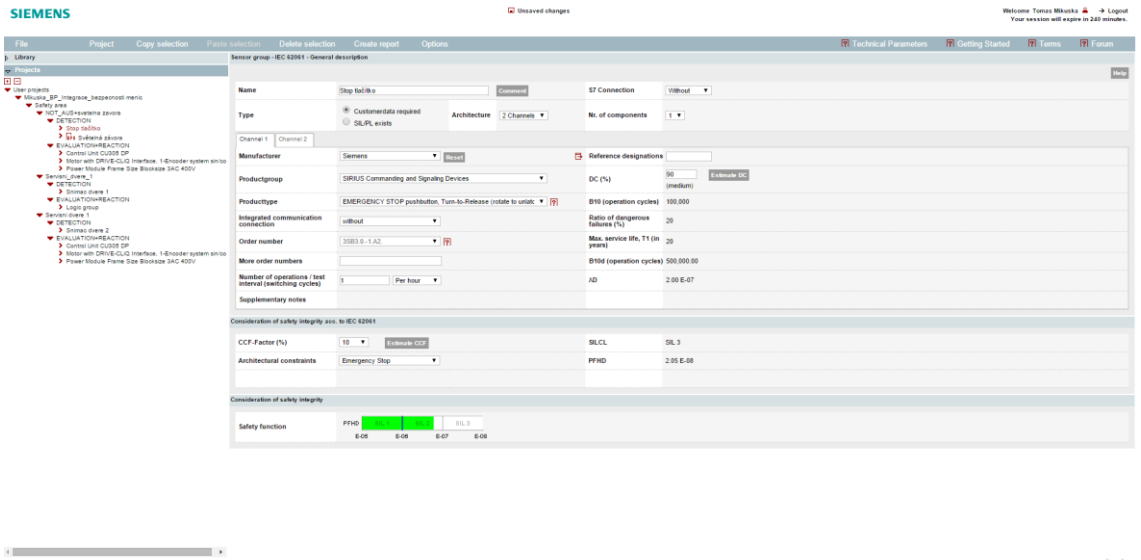
Příloha B: *Schéma zapojení bezpečnostního obvodu*

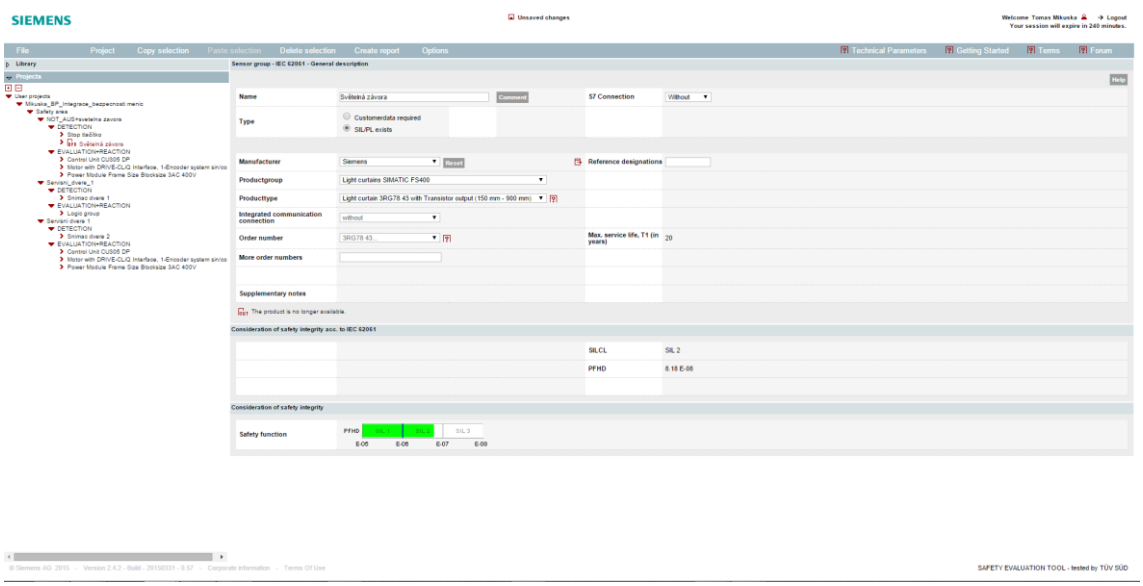
6.2 Obsah CD:

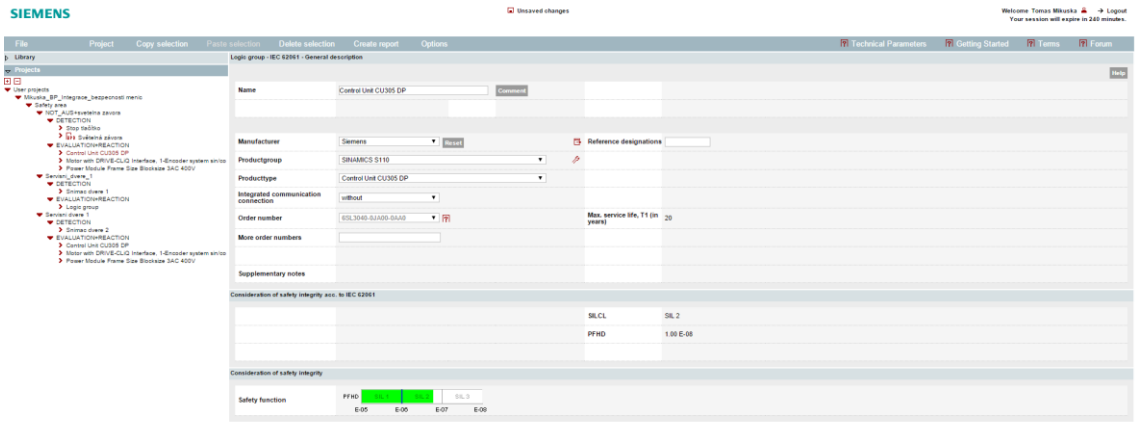
MIK0146_BP_Zpracování.pdf	Textová část včetně tištěných příloh
MIK0146_BP_Pouziti_bezpecnosti_CU305.set	Konfigurační soubor online nástroje Siemens Safety Evaluation Tool
MIK0146_BP_Pouziti_bezpecnosti_CU305.set	Konfigurační soubor online nástroje Siemens Safety Evaluation Tool
PLC_Příklad_řešení bezpečnosti_Profisafe_PLC.zip	Příklad PLC programu se sběrnicí profisafe
MIK0146_BP_vykres1.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres2.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres3.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres4.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres5.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres6.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres7.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres8.pdf	Schéma zapojení ve formátu pdf
MIK0146_BP_vykres1.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres2.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres3.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres4. dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres5.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres6.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres7.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg
MIK0146_BP_vykres8.dwg	Schéma zapojení ve formátu dwg

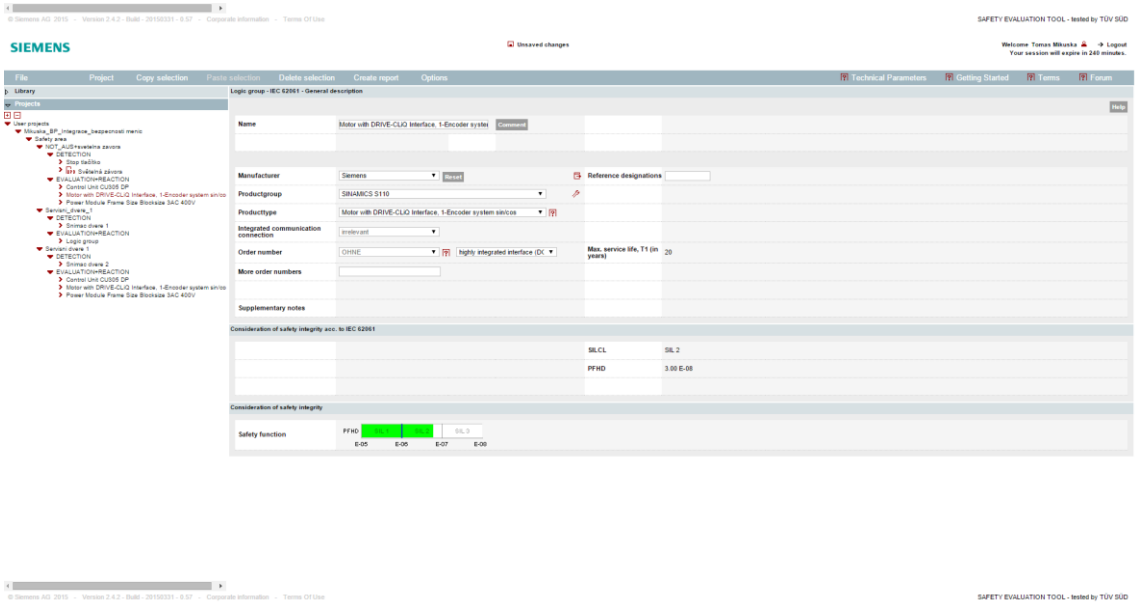
MIK0146_BP_Aplikace_Arduino.zip	Aplikace mikrokontroléru
MIK0146_BP_Aplikace_PC_instalace.zip	Aplikace pro PC – instalace
MIK0146_BP_Aplikace_PC_zdrojovy_kod.zip	Aplikace pro PC – zdrojový kód
MIK0146_BP_Měření_log_soubory.zip	Naměřené hodnoty log soubory

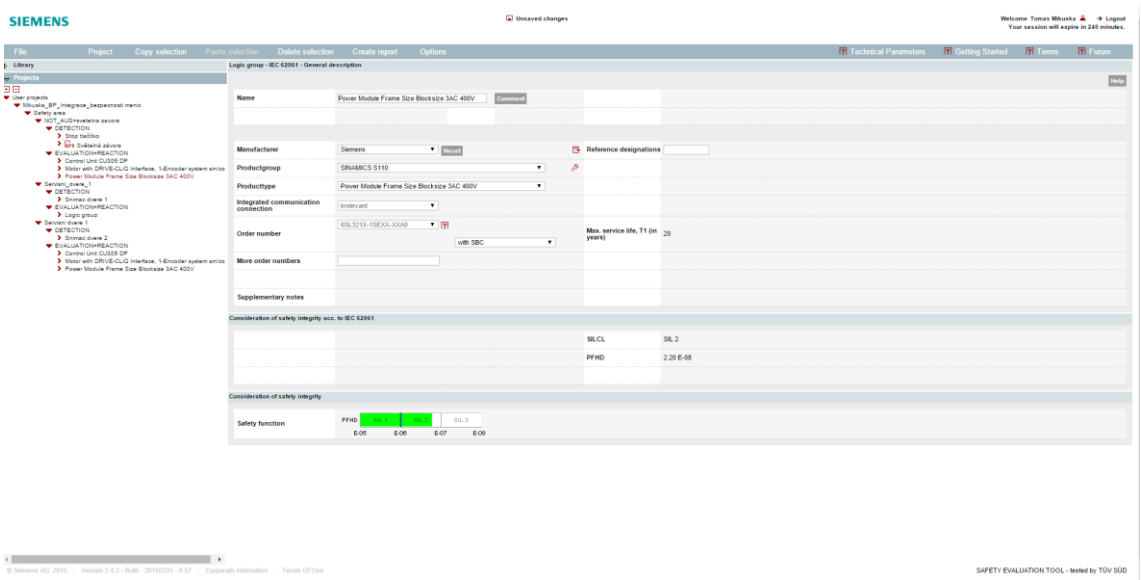
Příloha A

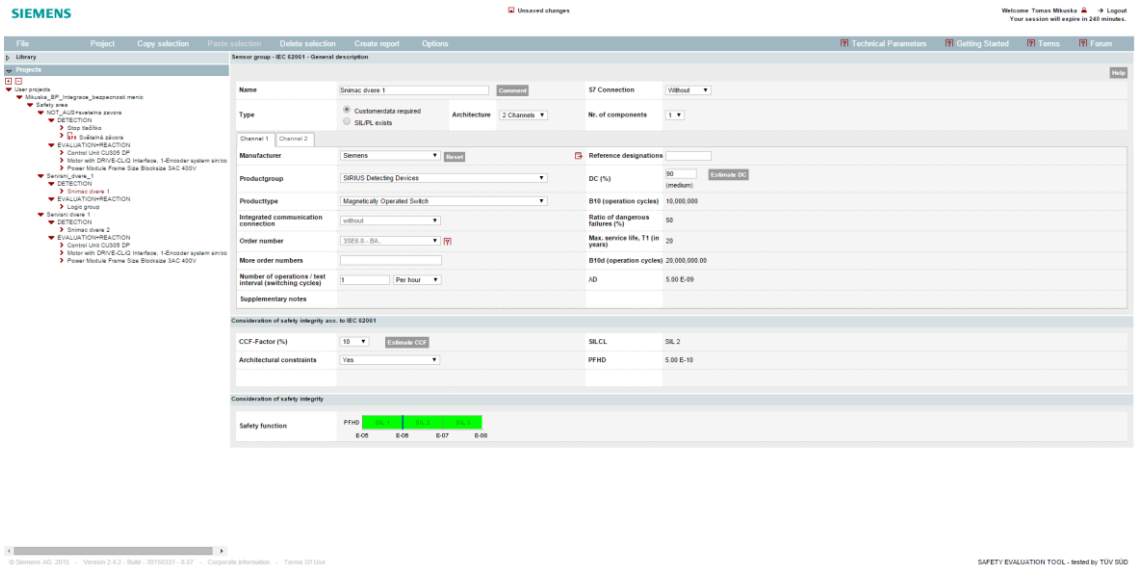

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Name
Stop tlačítko
Comment
S7 Connection
Without
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Architecture
2 Channels
Nr. of components
Channel 1
Channel 2
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SIRIUS Commanding and Signaling Devices
DC (%)
90
(medium)
Estimate DC
Producttype
EMERGENCY STOP pushbutton, Turn-to-Release (rotate to unlatc
B10 (operation cycles)
100,000
Integrated communication connection
without
Ratio of dangerous failures (%)
20
Order number
3SB3 0 -1 A2
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
B10d (operation cycles)
500,000.00
Number of operations / test interval (switching cycles)
1
Per hour
AD
2.00 E-07
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
CCF-Factor (%)
10
Estimate CCF
SILCL
SIL 3
Architectural constraints
Emergency Stop
PFHD
2.05 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-06
E-06
E-07
E-08
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

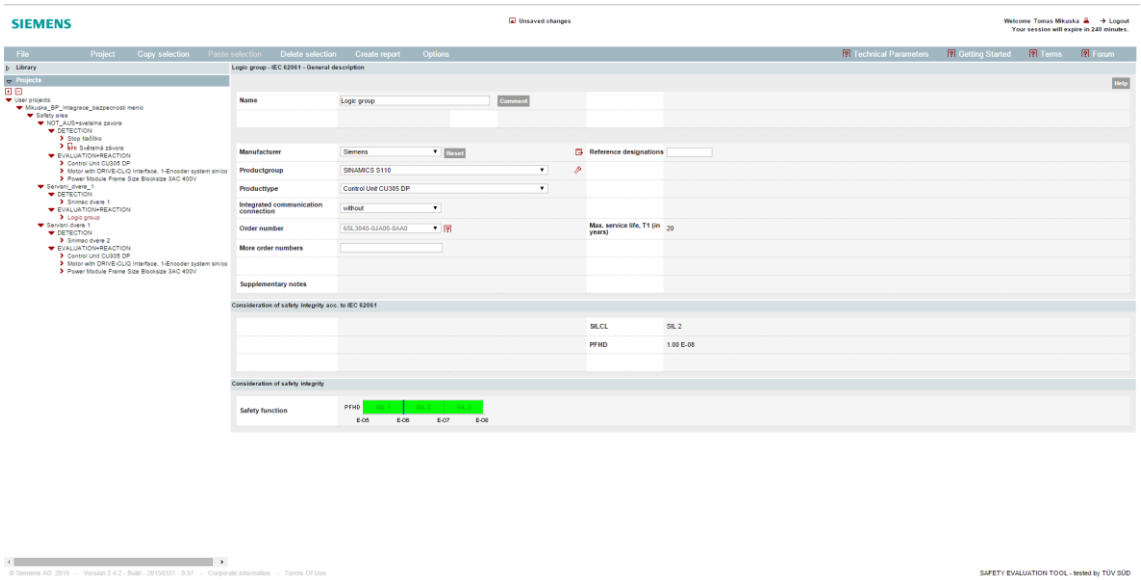

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Name
Světelná závora
Comment
S7 Connection
Without
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
Light curtains SIMATIC FS400
Producttype
Light curtain 3RG78 43 with Transistor output (150 mm - 900 mm)
Integrated communication connection
without
Order number
3RG78 43
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
The product is no longer available.
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
8.18 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-06
E-06
E-07
E-08
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

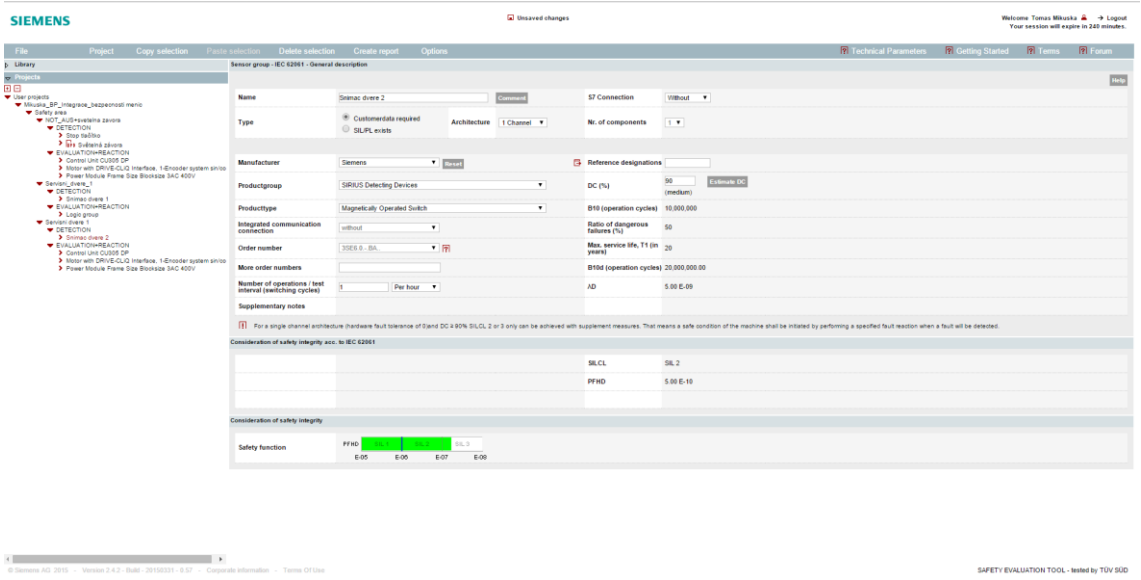

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Control Unit CU305 DP
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Control Unit CU305 DP
Integrated communication connection
without
Order number
6SL3040-0JA00-0AA0
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
1.00 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08

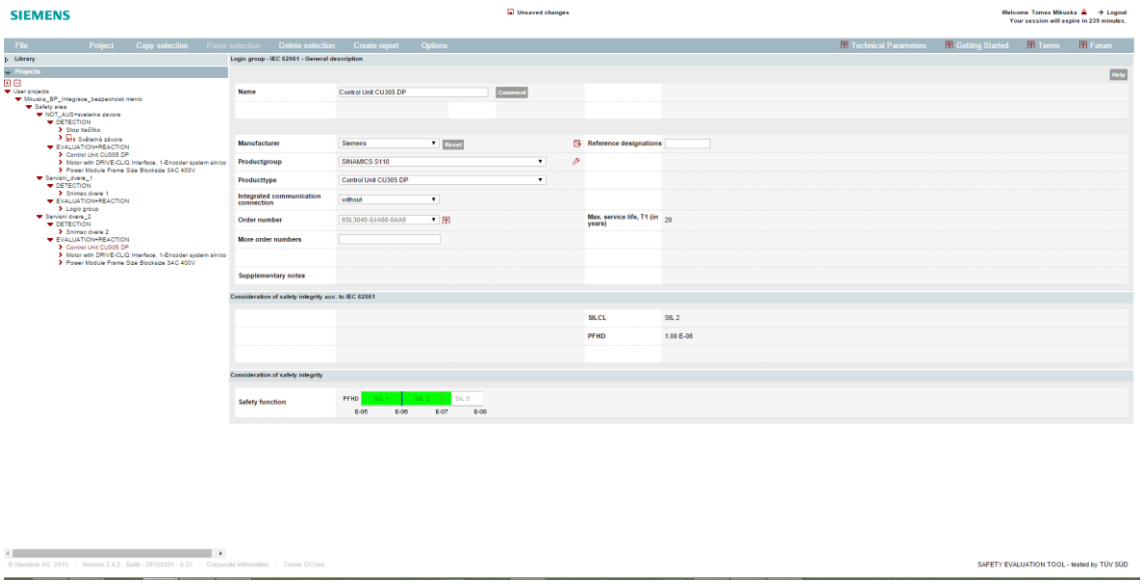

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Motor with DRIVE-CLiQ Interface, 1-Encoder syste
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Motor with DRIVE-CLiQ Interface, 1-Encoder system sin/cos
Integrated communication connection
irrelevant
Order number
OHNE
highly integrated interface (DC
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
3.00 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08

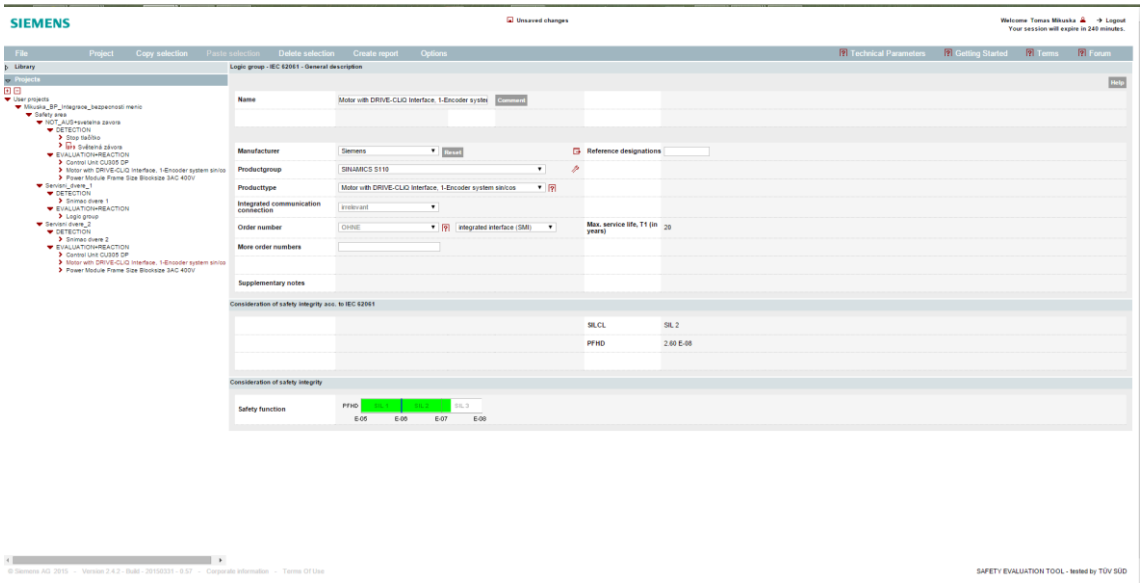

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Name
Power Module Frame Size Blocksize 3AC 400V
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Power Module Frame Size Blocksize 3AC 400V
Integrated communication connection
irrelevant
Order number
6SL321X-1SEXX-XXA0
with SBC
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
2.20 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

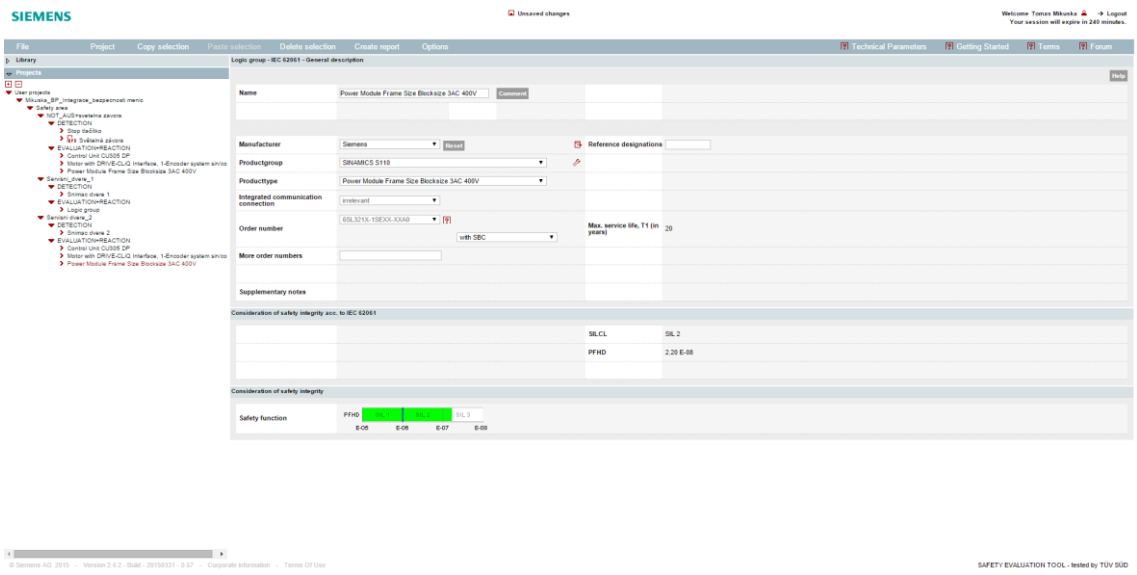

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Name
Snimac dvere 1
Comment
S7 Connection
Without
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Architecture
2 Channels
Nr. of components
Channel 1
Channel 2
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SIRIUS Detecting Devices
DC (%)
90
(medium)
Estimate DC
Producttype
Magnetically Operated Switch
B10 (operation cycles)
10,000,000
Integrated communication connection
without
Ratio of dangerous failures (%)
50
Order number
3SE6 0 - BA
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
B10d (operation cycles)
20,000,000.00
Number of operations / test interval (switching cycles)
1
Per hour
AD
5.00 E-09
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
CCF-Factor (%)
10
Estimate CCF
SILCL
SIL 2
Architectural constraints
Yes
PFHD
5.00 E-10
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

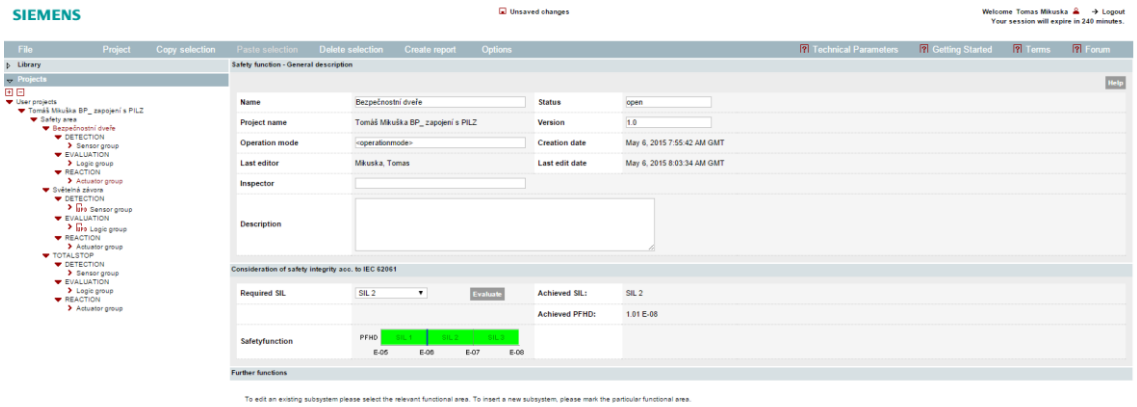

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Name
Logic group
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Control Unit CU305 DP
Integrated communication connection
without
Order number
6SL3040-0JA00-0AA0
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
1.00 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015
Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57
Corporate information
Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

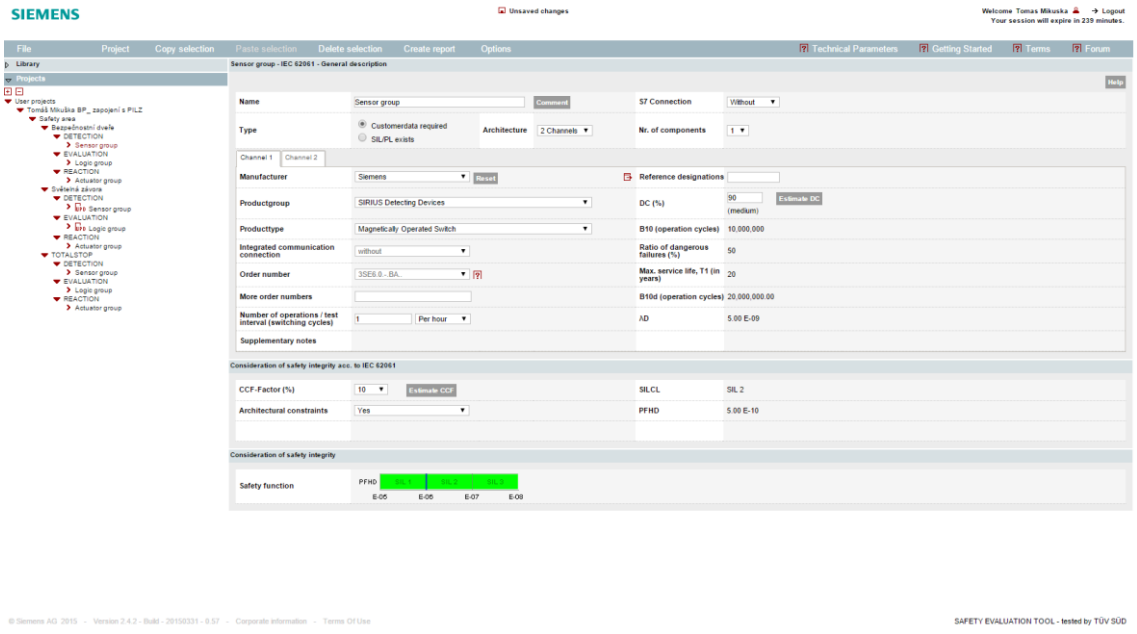

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Name
Snimac divere 2
Comment
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Architecture
1 Channel
S7 Connection
Without
Nr. of components
1
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SIRIUS Detecting Devices
DC (%)
90
(medium)
Estimate DC
Producttype
Magnetically Operated Switch
B10 (operation cycles)
10,000,000
Integrated communication connection
without
Ratio of dangerous failures (%)
50
Order number
3SE6 0 - BA
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
B10d (operation cycles)
20,000,000.00
Number of operations / test interval (switching cycles)
1
Per hour
AD
5.00 E-09
Supplementary notes
For a single channel architecture (hardware fault tolerance of 0)and DC ≥ 90% SILCL 2 or 3 only can be achieved with supplement measures. That means a safe condition of the machine shall be initiated by performing a specified fault reaction when a fault will be detected.
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
5.00 E-10
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015
Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57
Corporate information
Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

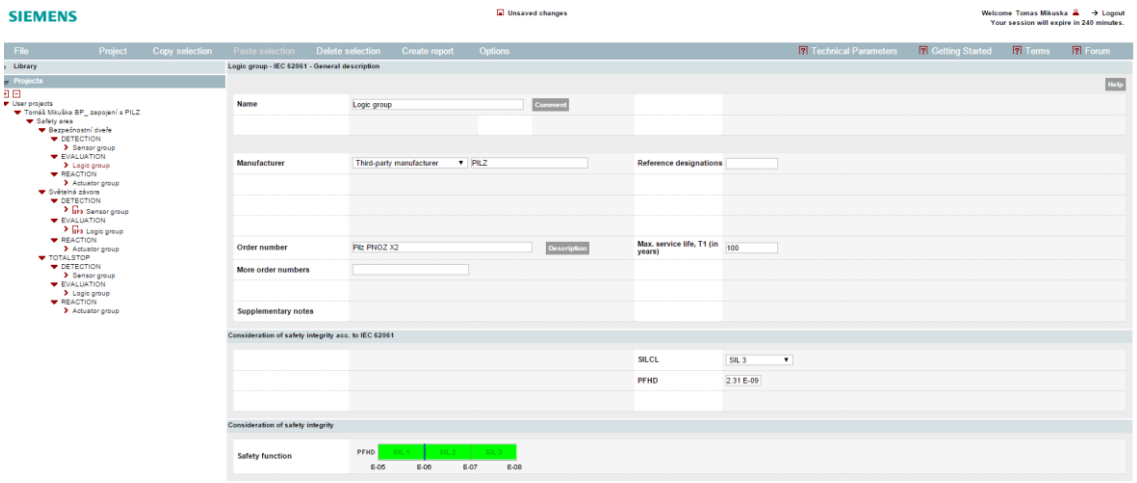

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 239 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Control Unit CU305 DP
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Control Unit CU305 DP
Integrated communication connection
without
Order number
6SL3040-0JA00-0AA0
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
1.00 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

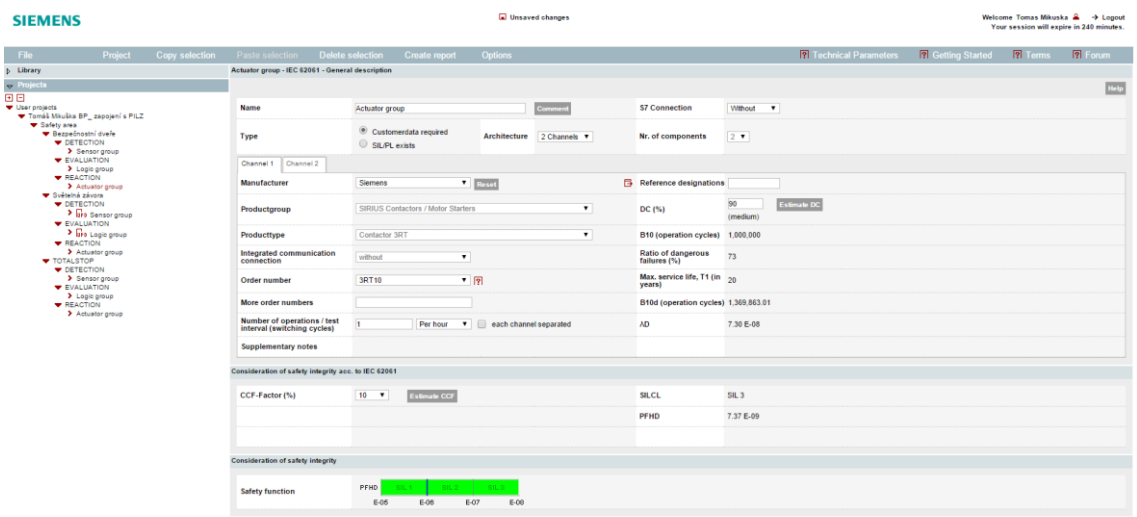

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Motor with DRIVE-CLiQ Interface, 1-Encoder syste
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Motor with DRIVE-CLiQ Interface, 1-Encoder system sin/cos
Integrated communication connection
irrelevant
Order number
OHNE
integrated interface (SMI)
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
2.60 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

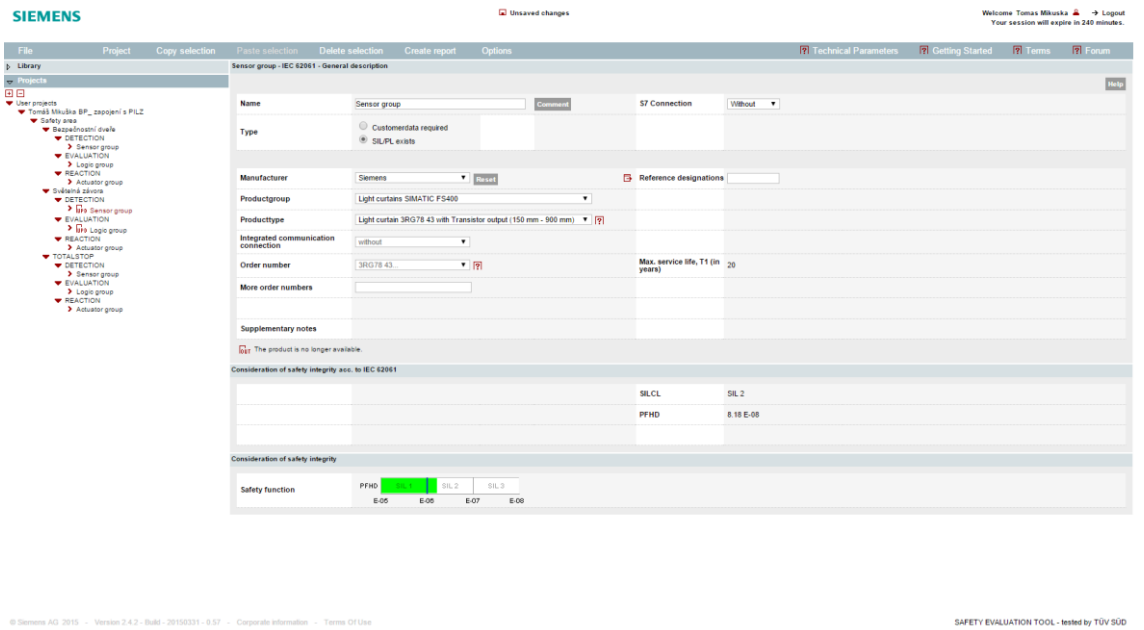

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Power Module Frame Size Blocksize 3AC 400V
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SINAMICS S110
Producttype
Power Module Frame Size Blocksize 3AC 400V
Integrated communication connection
irrelevant
Order number
6SL321X-1SEXX-XXA0
with SBC
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
2.20 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

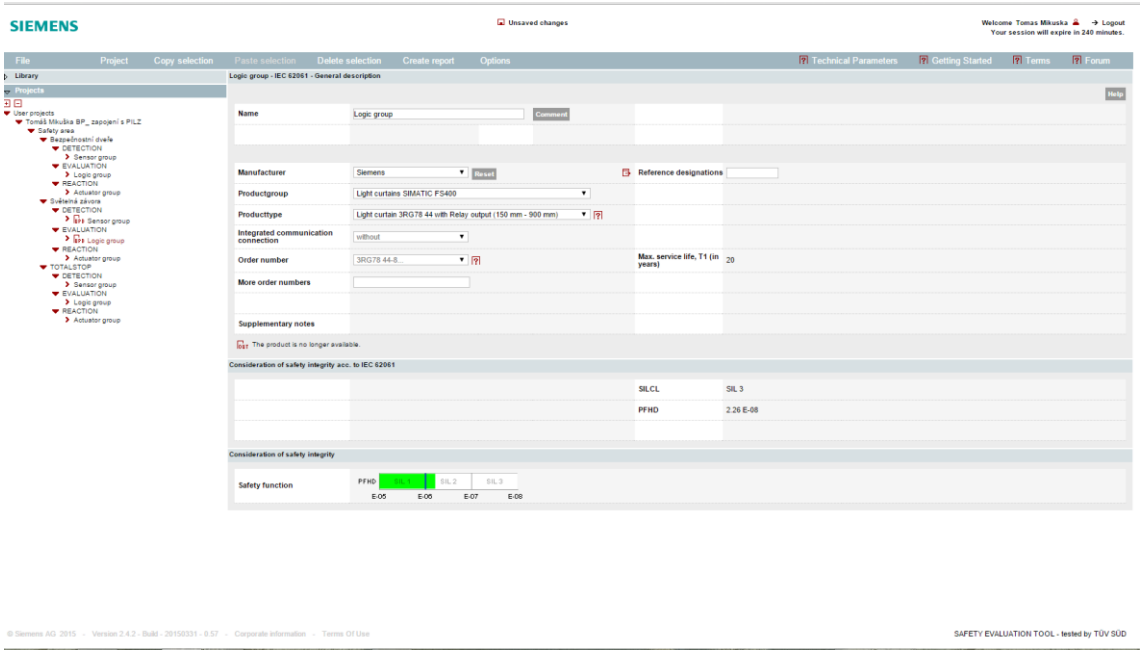

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Safety function - General description
Help
Name
Bezpečnostní dveře
Status
open
Project name
Tomáš Mikuška BP_ zapojení s PILZ
Version
1.0
Operation mode
<operationmode>
Creation date
May 6, 2015 7:55:42 AM GMT
Last editor
Mikuska, Tomas
Last edit date
May 6, 2015 8:03:34 AM GMT
Inspector
Description
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
Required SIL
SIL 2
Evaluate
Achieved SIL:
SIL 2
Achieved PFHD:
1.01 E-08
Safetyfunction
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
Further functions
To edit an existing subsystem please select the relevant functional area. To insert a new subsystem, please mark the particular functional area.
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

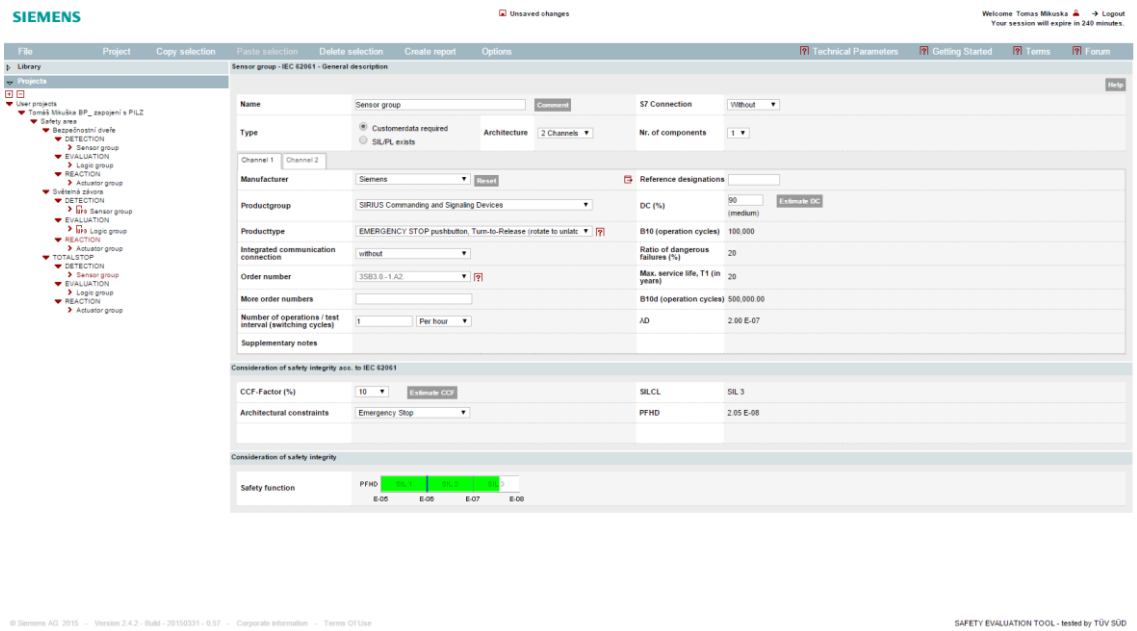

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 239 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Sensor group
Comment
S7 Connection
Without
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Architecture
2 Channels
Nr. of components
1
Channel 1
Channel 2
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SIRIUS Detecting Devices
DC (%)
90
(medium)
Estimate DC
Producttype
Magnetically Operated Switch
B10 (operation cycles)
10,000,000
Integrated communication connection
without
Ratio of dangerous failures (%)
50
Order number
3SE6.0 - BA..
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
B10d (operation cycles)
20,000,000.00
Number of operations / test interval (switching cycles)
1
Per hour
λD
5.00 E-09
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
CCF-Factor (%)
10
Estimate CCF
SILCL
SIL 2
Architectural constraints
Yes
PFHD
5.00 E-10
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

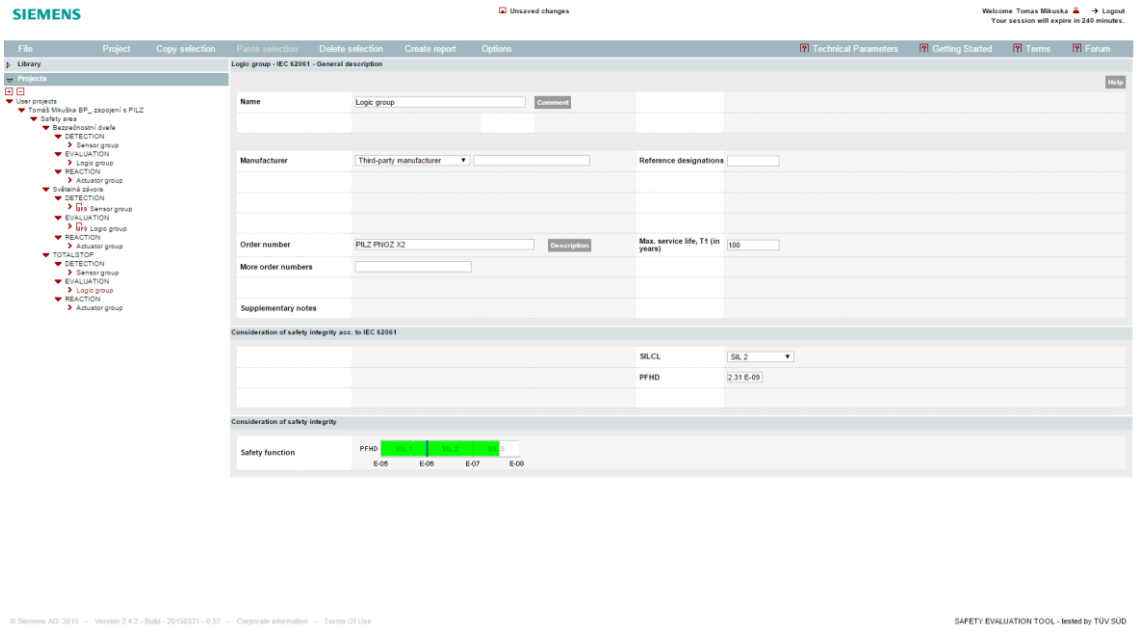




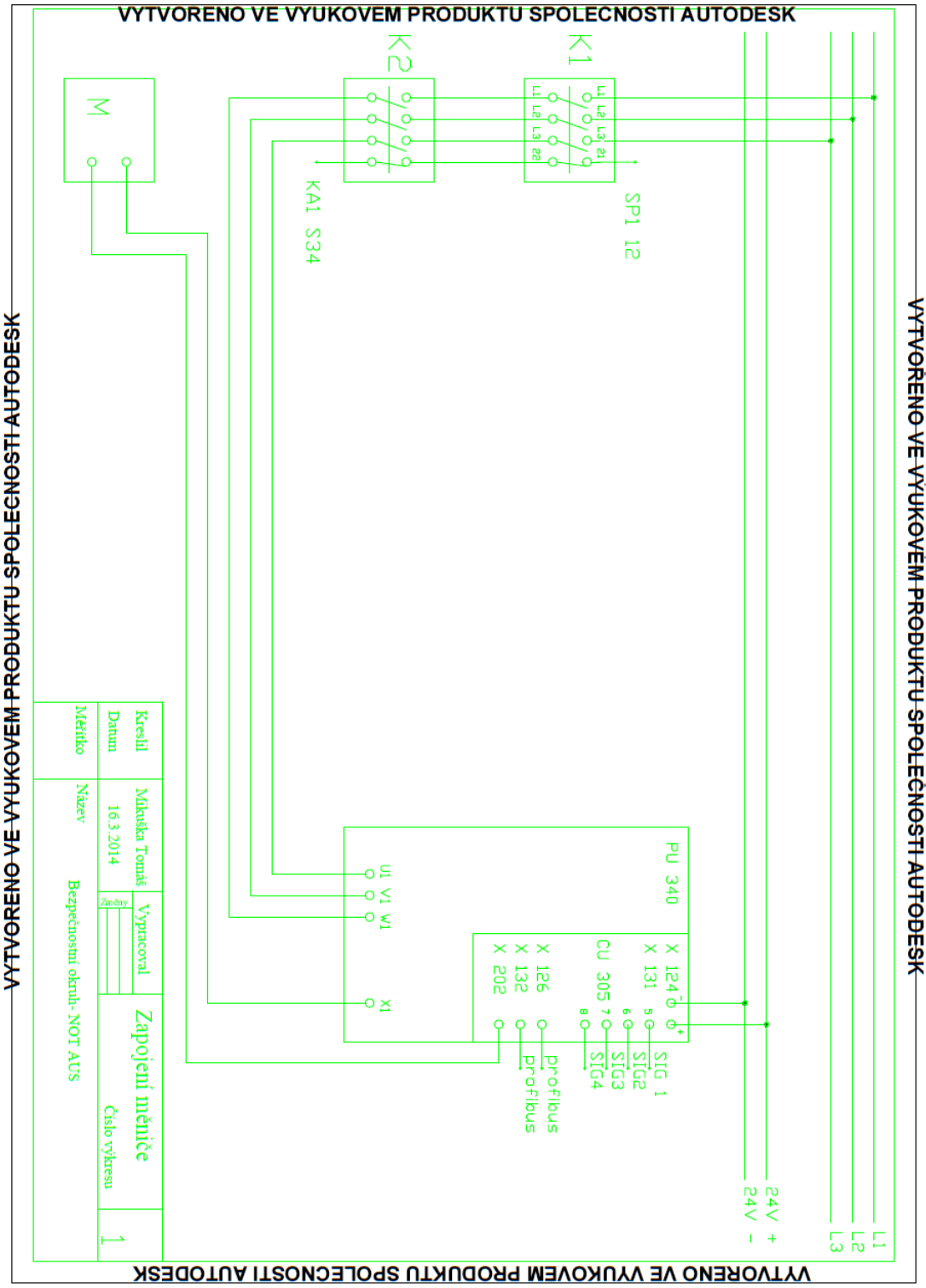

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Name
Sensor group
Comment
S7 Connection
Without
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
Light curtains SIMATIC FS400
Producttype
Light curtain 3RG78 43 with Transistor output (150 mm - 900 mm)
Integrated communication connection
without
Order number
3RG78 43...
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
The product is no longer available.
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
8.18 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

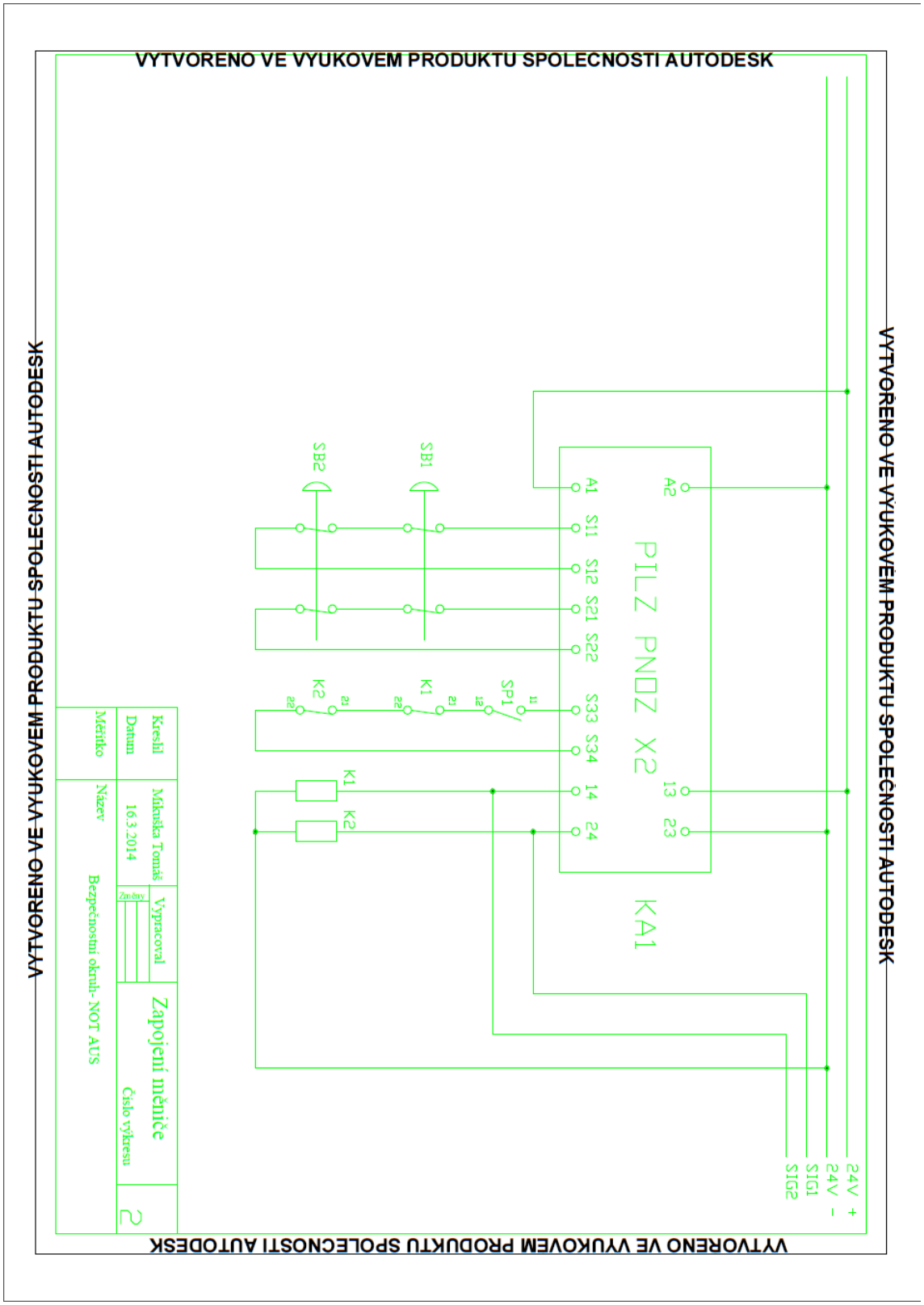

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Name
Logic group
Comment
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
Light curtains SIMATIC FS400
Producttype
Light curtain 3RG78 44 with Relay output (150 mm - 900 mm)
Integrated communication connection
without
Order number
3RG78 44-8...
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
Supplementary notes
The product is no longer available.
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 3
PFHD
2.26 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

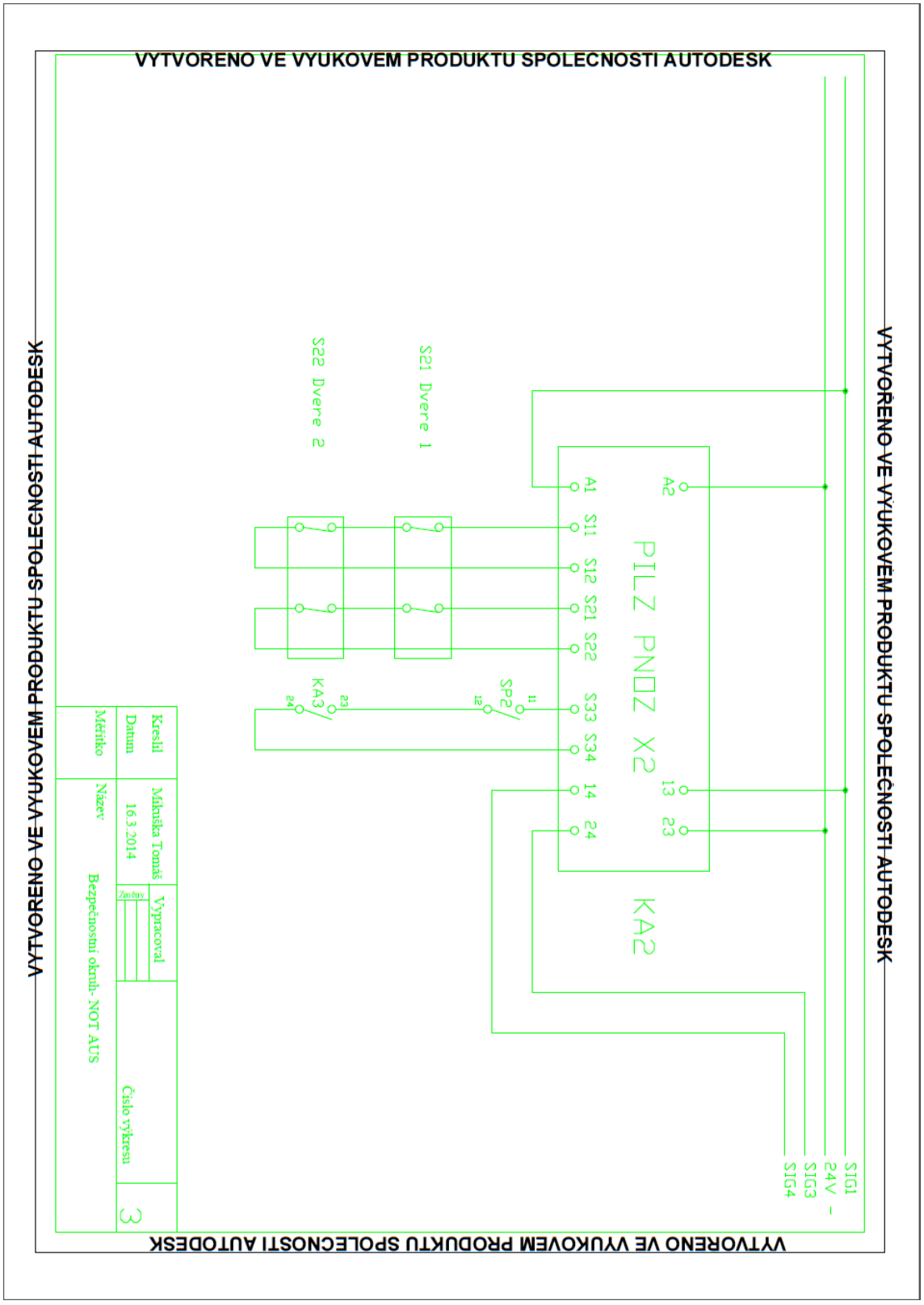

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Sensor group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Sensor group
Comment
S7 Connection
Without
Type
Customerdata required
SIL/PL exists
Architecture
2 Channels
Nr. of components
1
Channel 1
Channel 2
Manufacturer
Siemens
Reset
Reference designations
Productgroup
SIRIUS Commanding and Signaling Devices
DC (%)
90
(medium)
Estimate DC
Producttype
EMERGENCY STOP pushbutton, Turn-to-Release (rotate to unlatc
B10 (operation cycles)
100,000
Integrated communication connection
without
Ratio of dangerous failures (%)
20
Order number
3SB3 0.-1 A2
Max. service life, T1 (in years)
20
More order numbers
B10d (operation cycles)
500,000.00
Number of operations / test interval (switching cycles)
1
Per hour
AD
2.00 E-07
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
CCF-Factor (%)
10
Estimate CCF
SILCL
SIL 3
Architectural constraints
Emergency Stop
PFHD
2.05 E-08
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

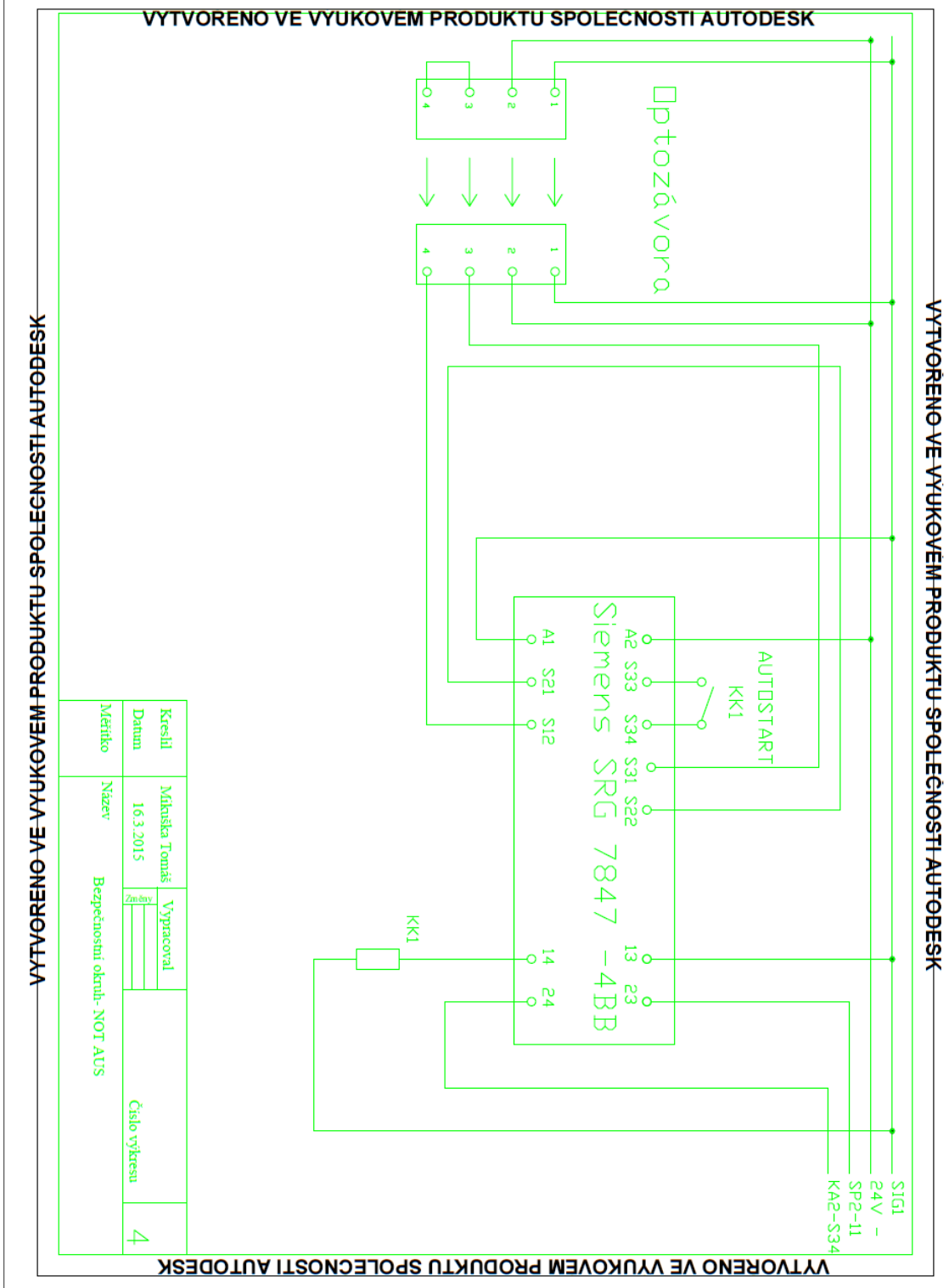

SIEMENS
Unsaved changes
Welcome Tomas Mikuska
Logout
Your session will expire in 240 minutes.
File
Project
Copy selection
Paste selection
Delete selection
Create report
Options
Technical Parameters
Getting Started
Terms
Forum
Library
Projects
Logic group - IEC 62061 - General description
Help
Name
Logic group
Comment
Manufacturer
Third-party manufacturer
Reference designations
Order number
PILZ PNOZ X2
Description
Max. service life, T1 (in years)
100
More order numbers
Supplementary notes
Consideration of safety integrity acc. to IEC 62061
SILCL
SIL 2
PFHD
2.31 E-09
Consideration of safety integrity
Safety function
PFHD
SIL 1
SIL 2
SIL 3
E-05
E-06
E-07
E-08
© Siemens AG 2015 - Version 2.4.2 - Build - 20150331 - 0.57 - Corporate information - Terms Of Use
SAFETY EVALUATION TOOL - tested by TÜV SÜD

Příloha B


VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
K2
K1
M
KA1 S34
SP1 12
PU 340
CU 305
X 124
X 131
X 126
X 132
X 202
U1 V1 W1
X1
SIG 1
SIG2
SIG3
SIG4
profibus
profibus
24V +
24V -
L1
L2
L3
Kreslil
Máková Tomáš
Datum
16.3.2014
Měřítko
Název
Bezpečnostní okruh- NOT AUS
Zapojení měniče
Číslo výkresu
1


VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
24V +
24V -
SIG1
SIG2
A1
A2
S11
S12
S21
S22
S33
S34
13
14
23
24
PILZ PNOZ X2
KA1
SB1
SB2
SP1
K1
K2
11
12
21
22
Kreslil
Mikuška Tomáš
Datum
16.3.2014
Měřítko
Název
Bezpečnostní okruh- NOT AUS
Zapojení měniče
Číslo výkresu
2
Změny
Vypracoval


VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
SIG1
24V -
SIG3
SIG4
A2
A1 S11 S12 S21 S22 S33 S34 14 24
13 23
PILZ PNOZ X2
KA2
S21 Dvere 1
S22 Dvere 2
KA3
SP2
Kreslil
Mikuška Tomáš
Datum
16.3.2014
Měřítko
Název
Bezpečnostní okruh- NOT AUS
Číslo výkresu
3


VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
Optozávora
AUTOSTART
KK1
Siemens SRG 7847 -4BB
A1 S21 S12
A2 S33 S34 S31 S22
14 24
13 23
KK1
SIG1
24V -
SP2-11
KA2-S34
Kreslil
Mikuška Tomáš
Datum
16.3.2015
Vypracoval
Změny
Měřítko
Název
Bezpečnostní okruh- NOT AUS
Číslo výkresu
4
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK